



**CARACTERIZACION FISICOQUIMICA Y MICROBIOLOGICA DE LAS AGUAS  
SUPERFICIALES DEL EMBALSE DEL GUAJARO Y DISTRITO DE RIEGO DEL  
MUNICIPIO DE REPELON-ATLANTICO.**

*Ricardo José Ariza Iriarte.  
Andrea Carolina Avendaño Polo.*

**UNIVERSIDAD DE LA COSTA, CUC.**  
*Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental.*  
**Programa de Ingeniería Ambiental.**  
Barranquilla-Atlántico

**CARACTERIZACION FISICOQUIMICA Y MICROBIOLOGICA DE LAS AGUAS  
SUPERFICIALES DEL EMBALSE DEL GUAJARO Y DISTRITO DE RIEGO DEL  
MUNICIPIO DE REPELON-ATLANTICO.**

Presentan:

**RICARDO JOSÈ ARIZA IRIARTE.  
ANDREA CAROLINA AVENDAÑO POLO.**

Tutor:

Ing. Rubén Cantero Rodelo.

Cotutor:

Franklin Torres Bejarano.

Trabajo de Grado para optar al título de Ingeniero Ambiental.

**UNIVERSIDAD DE LA COSTA, CUC.**

*Dpto. de Ingeniería Civil y Ambiental.*

**Programa de Ingeniería Ambiental.**

Barranquilla-Atlántico.

Barranquilla-Atlántico; 2017.

Nota de Aceptación:

---

---

---

---

---

**Evaluador #1.**

---

**Evaluador #2.**

## **Dedicatoria**

Quiero hacerle una dedicatoria primeramente a Dios, por siempre acompañarme a lo largo de mi vida y llenarme de sabiduría y virtudes para poder cumplir mis metas y sueños llegando hasta este punto tan importante de mi formación personal.

Seguidamente a mi madre (**Myriam Polo Rivera**) y mi padre (**Fernando Avendaño Celedón**), sin ellos nada de esto fuese posible, son las personas que me han acompañado en este camino en las buenas y las malas, superando obstáculos, para terminar mi carrera y ser una mujer ejemplar para la sociedad.

A mis hermanos (**Fernando Avendaño y Maryam Avendaño**), por siempre brindarme su apoyo en mis decisiones y darme consejos.

A mi prima (**Katia Polo**), por nuestros trasnochos juntas estudiando, dándonos apoyo moral para jamás darnos por vencidas.

A mis compañeros y amigos de la Universidad, entre ellos mi compañero de proyecto de grado, de cada uno de ellos aprendí un poco y por compartir bonitas experiencias de vida a lo largo de nuestros estudios.

A nuestro director de Tesis, **Rubén Cantero**, por depositar su confianza en nosotros para realizar este trabajo con éxito.

***Andrea Avendaño Polo.***

## **Dedicatoria**

El culmen satisfactorio de este trabajo de investigación, es sin duda el resultado del esfuerzo continuo del equipo de trabajo que se conformó para la realización del presente. Es por ello que dedico este logro con gran alegría al cuerpo de docentes de la Universidad de la costa CUC (Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental), quienes de una u otra manera nos brindaron su apoyo y cooperación en calidad de asesores y/o tutores.

A mis padres, por fundamentar mi formación personal bajo un ambiente familiar fraterno y armonioso. Lo cual, me permite actualmente ser un profesional integro, con excelentes cualidades y virtudes.

A mi compañera de equipo, por su comprensión, constancia, y perseverancia. No cabe duda que su compañía fue el detonante del inicio y finalización de esta gran travesía.

Finalmente, a todas aquellas personas que directa o indirectamente permitieron la formulación, realización y ejecución de este proyecto de investigación.

***Ricardo Ariza Iriarte.***

## **Agradecimientos**

Agradezco a Dios, por permitirme cumplir una de mis metas soñadas, el de ser una Ingeniera, por mostrarme siempre el camino correcto para ser una persona íntegra y de valores.

A mi hermosa madre, por darme la vida, por su tiempo, dedicación, amor, paciencia, nobleza, por siempre estar para mí en cada una de las circunstancias que me ha tocado vivir a lo largo de mi vida, pruebas por superar, momentos de alegría y tristeza, mamá sabes que te amo y mi amor por ti es el más grande.

A mi papá, uno de los seres más importante de mi vida, gracias a él, soy quien soy hoy en día, le agradezco por confiar en mí y ayudarme a realizar mis metas personales.

A mis hermanos y mi prima, gracias por ser los mejores hermanos del mundo y a ella la mejor prima. Al equipo de trabajo de la universidad, por su completa colaboración y amabilidad. A Erika Arbeláez y Ana Belén Villalobos, mil gracias por su paciencia y cooperación en el laboratorio, por siempre estar para cada actividad en la que necesitábamos de su ayuda. Al profesor Daniel Castañeda, por el acompañamiento en la toma de muestras y cada una de las actividades experimentales de la tesis. Al señor Miguel Mesino, por ser el guía en el municipio de repelón, por su tiempo y dedicación. A nuestros tutores, Rubén Cantero, Franklin Bejarano, por confiar en nuestras capacidades para desarrollar este trabajo, por su constante apoyo y tiempo dedicado. Gracias a todas aquellas personas que ayudaron directa o indirectamente en la realización de este proyecto.

***Andrea Avendaño Polo.***

## **Agradecimientos**

Agradezco de manera muy especial al Dios todo poderoso por brindarme la sabiduría y capacidad de discernimiento necesaria para afianzar los conocimientos impartidos durante mi proceso de formación académica. Así mismo, le doy gracias por permitir culminar este trabajo de investigación el cual, surge como producto de nuestro esfuerzo y dedicación continua; y la de todos aquellos que nos brindaron su cooperación y respaldo.

En este mismo orden, agradezco a nuestro director de tesis: Ing. Rubén Cantero, no solo por su orientación y asesoría académica, sino también por brindarnos la oportunidad de enriquecer nuestro crecimiento profesional y personal a través de la realización y desarrollo del presente.

Finalmente, agradezco a mis padres, hermanos, amigos y todos aquellos que son importantes para mí, pues gracias a su apoyo incondicional y emocional hoy finalizó de manera muy satisfactoria uno de mis mayores objetivos académicos.

***Ricardo Ariza Iriarte.***

## **Resumen**

La alteración de la calidad ambiental de las características físicas, químicas, biológicas y microbiológicas de los cuerpos de aguas superficiales son producto de un sin número de aspectos ambientales, asociados al desarrollo de una serie de actividades de carácter antropogénico de índole industrial, comercial y doméstico; los cuales alteran y afectan la composición natural del cuerpo de agua, ocasionando una de las problemáticas ambientales de mayor transcendentalidad en la actualidad. Es importante tener en cuenta que las consecuencias y repercusiones se reflejan, no solo en la afectación del potencial biológico y ecológico del cuerpo de agua de influencia, si no que a su vez se disminuye la calidad de vida del componente social radicado alrededor de la zona afectada.

Con base a lo anterior, surge la necesidad de evaluar la calidad fisicoquímica y microbiológica de uno de los cuerpos de aguas superficiales de mayor importancia en el departamento del atlántico: El Embalse del Guajaro; el cual, se encuentra ubicado en el área periférica-rural del municipio de Repelón –Atlántico.

Para el desarrollo de la siguiente propuesta, se usó una metodología experimental la cual comprende diferentes etapas en el proceso de ejecución que inició con una campaña de muestreo en la zona de estudio, para reconocimientos y selección de estaciones teniendo en cuenta las condiciones geográficas y topográficas; seleccionando 9 estaciones de muestreo que corresponden al Embalse del Guajaro, y adicionalmente 8 estaciones que corresponden al Distrito de Riego de Repelón, de cada una se tomaron muestras puntuales y se evaluaron parámetros in situ como la temperatura, oxígeno disuelto, salinidad, pH y conductividad y una posterior fase en el laboratorio para los nutrientes, calidad microbiológica, y otros



parámetros como turbiedad, alcalinidad, sólidos suspendidos totales, demanda química de oxígeno y demanda bioquímica de oxígeno.

Los resultados de cada estación fueron evaluados por medio de pictogramas, mapas en Surfer 11, para la realización de su debido análisis, correlación y comparación con la normatividad vigente colombiana y algunas normatividades internacionales, que permitieron identificar las condiciones ambientales del cuerpo de agua.

De dicho análisis se reflejó la alteración y deterioro de la calidad ambiental del Embalse y los Canales del distrito, teniendo en cuenta las características fisicoquímicas y microbiológicas del mismo, al compararlos con la normatividad se reflejó que en algunos casos exceden los límites permisibles establecidos por actividad como es el caso de los Coliformes Totales y Fecales. Por tanto, como estrategia de mitigación para estos índices de contaminación se propusieron planes de manejo ambientales (PMA) que permitieron la evaluación de los posibles impactos causados por las actividades antrópicas para proponer medidas de control para contribuir al mejoramiento de la calidad del agua y uso eficiente del recurso hídrico.

---

**Palabras clave:** Calidad ambiental, calidad del agua, condiciones geográficas, mitigación, planes de manejo ambientales, recurso hídrico.

## **Abstract**

The alteration of the environmental quality of the physical, chemical, biological and microbiological characteristics of surface water bodies is the result of a useless number of environmental factors associated with the development of a series of anthropogenic activities of an industrial, commercial and domestic nature; These alter and affect the natural composition of the body of water, causing one of the environmental problems of the mayor transcendentalist at present. It is important to bear in mind that the consequences and repercussions are reflected not only in affecting the biological and ecological potential of the water body of influence, but also in turn reducing the quality of life of the social component rooted around The affected zone Based on the above, there is a need to evaluate the physicochemical and microbiological quality of one of the most important surface water bodies in the state of the Atlantic: El Embalse del Guajaro; Which, is located in the peripheral-rural area of the municipality of Repelón-Atlantic.

For the development of the following proposal, an experimental methodology was used which comprises different stages in the execution process that began with a sampling campaign in the study area, for reconnaissance and selection of stations taking into account the geographical and topographic conditions ; Selecting 9 sampling stations corresponding to the Guajaro Reservoir, and 8 stations corresponding to the Repelón Irrigation District, from each one, point samples were taken and in situ parameters such as temperature, dissolved oxygen, salinity, pH and conductivity were evaluated And a later phase in the laboratory for nutrients, microbiological quality, and other parameters such as turbidity, alkalinity, total suspended solids, chemical oxygen demand and biochemical oxygen demand.

The results of each station were evaluated by means of pictograms, maps in Surfer 11, to carry out their due analysis, correlation and comparison with current Colombian regulations and some international regulations, which allowed to identify the environmental conditions of the body of water.

This analysis reflected the alteration and deterioration of the environmental quality of the Reservoir and the District Channels, taking into account the physicochemical and microbiological characteristics of the same, when compared to the normativity was reflected that in some cases exceed the permissible limits established by activity as is the case of Total and Fecal Coliforms. Thus, as a mitigation strategy for these pollution indices, environmental management plans (EPAs) were proposed that allowed the evaluation of the possible impacts caused by the anthropic activities to propose control measures to contribute to the improvement of water quality and use efficient water resource.

Key words: Environmental quality, water quality, geographic conditions, mitigation, environmental management plans, water resource

## Tabla de Contenido

Resumen .....	viii
Abstract .....	x
Introducción .....	1
1. Formulación del Problema .....	5
2. Justificación.....	10
3. Objetivos .....	12
3.1 Objetivo General .....	12
3.2 Objetivos Específicos .....	12
4. Estado del Arte .....	13
4.1 Los estudios de calidad del agua, desde una perspectiva global .....	13
4.2 Diagnóstico de la calidad de los cuerpos de agua superficial y subterráneo a nivel nacional.	17
4.3 Situación Actual de los Cuerpos de Agua Superficial, a nivel Regional y Local .....	18
5. Marco Normativo .....	20
6. Descripción de la zona de estudio .....	23
7. Metodología .....	28
7.1 Reconocimiento y Selección de las Estaciones de Muestreo .....	28
7.2 Delimitación de las Estaciones de Muestreo.....	28
7.3 Identificación y Descripción de las Estaciones de Muestreo .....	31
7.4 Procedimiento del Muestreo.....	38
7.5 Numero de Muestras Recolectadas, Cadena de Custodia y de Preservación .....	39
7.6 Parámetros Fisicoquímicos y Microbiológicos .....	39
7.7 Métodos de Medición y Análisis.....	40
7.8 Identificación de las características fisicoquímicas y microbiológicas .....	45
7.9 Estrategias de mitigación .....	46
8. Análisis de resultados.....	47
8.1 Canales del distrito de riego de Repelón.....	47
8.1.1 Parámetros físicos .....	47
8.1.1.1Temperatura .....	47
8.1.1.2 Turbiedad .....	48
8.1.1.3 Conductividad .....	49
8.1.1.4 Salinidad.....	51

8.1.2	Parámetros químicos .....	52
8.1.2.1	Potencial de hidrógeno .....	52
8.1.2.2	Oxígeno disuelto .....	55
8.1.2.3	Alcalinidad .....	58
8.1.2.4	Sólidos suspendidos totales .....	59
8.1.3	Parámetros biológicos .....	61
8.1.3.1	Demanda química de oxígeno .....	61
8.1.3.2	Demanda bioquímica de oxígeno .....	63
8.1.4	Nutrientes .....	65
8.1.4.1	Fosfato .....	65
8.1.4.2	Nutrientes (Nitritos y nitratos). .....	67
8.1.4.3	Sulfato .....	69
8.1.4.4	Fosforo .....	71
8.1.5	Parámetros microbiológicos: .....	72
8.1.5.1	Coliformes totales y Coliformes fecales .....	72
8.1.6	Relación de parámetros .....	75
8.1.6.1	Relación DBO/OD. ....	75
8.2	Embalse del Guajaro .....	78
8.2.1	Parámetros físicos .....	78
8.2.1.1	Temperatura .....	78
8.2.1.2	Turbiedad .....	80
8.2.1.3	Conductividad .....	82
8.2.1.4	Salinidad .....	85
8.2.2	Parámetros químicos .....	87
8.2.2.1	Potencial de hidrógeno .....	87
8.2.2.2	Oxígeno disuelto .....	89
8.2.2.3	Alcalinidad .....	91
8.2.2.4	Sólidos suspendidos totales .....	93
8.2.3	Parámetros biológicos .....	96
8.2.3.1	Demanda química de oxígeno .....	96
8.2.3.2	Demanda bioquímica de oxígeno .....	98
8.2.4	Nutrientes .....	101

8.2.4.1 Fosfato .....	101
8.2.4.2 Nitritos.....	103
8.2.4.3 Nitratos .....	105
8.2.4.4 Sulfato .....	108
8.2.5 Parámetros microbiológicos .....	111
8.2.5.1 Coliformes totales y coliformes fecales .....	111
9. Planes de Manejo Ambiental.....	116
10. Conclusiones y recomendaciones.....	123
11. Referencias .....	124
12. Bibliografía .....	127
Anexos.....	132

## Lista de Figuras

Figura 1.1 Árbol del Problema. ....	9
Figura 6.1. Ubicación Geográfica del Embalse del Guajaro; Barranquilla-Atlántico, Colombia. ....	24
Figura.6.2. Delimitación e Identificación del Área de Estudio. ....	25
Figura 6.3. Ilustración del Distrito de Riego y sus canales de Distribución; Repelón – Atlántico. ..	27
Figura 7.1. Panorámica espacial de las estaciones de muestreo seleccionadas.....	30
Figura 7.2 <i>Estaciones de muestreo; Embalse del Guajaro.</i> .....	35
Figura 8.1 Resultados Temperatura; Época sequía. ....	80
Figura 8.2 Resultados Turbiedad, Época de sequía.....	82
Figura 8.3 Resultados conductividad; Época sequía. ....	85
Figura 8.4 Resultados salinidad, Época sequía. ....	86
Figura 8.5 Resultados pH. Época Sequia. ....	88
Figura 8.6 Resultados Oxígeno Disuelto; Época sequía. ....	91
Figura 8.7 Resultados alcalinidad, Época sequía. ....	93
Figura 8.8 Resultados SST; Época sequía.....	96
Figura 8.9 Resultados DQO; Época sequía.....	98
Figura 8.10 Resultados DBO; Época sequía. ....	101
Figura 8.11 Resultados fosfato; Época sequía.....	103
Figura 8.12. Resultados Nitrito; Época sequía.....	105
Figura 8.13 Resultados Nitratos; Época sequía.....	108
Figura 8.14 Resultados Sulfato; Época Sequia. ....	111
Figura 8.15 Coliformes Fecales y totales; Época Sequia .....	115

**Lista de Tablas**

Tabla 1..... 31

Tabla 2..... 36

Tabla 3..... 40

Tabla 4..... 84

Tabla 5..... 88

Tabla 6..... 90

Tabla 7..... 95

Tabla 8..... 100

Tabla 9..... 107

*Tabla 10* ..... 110

Tabla 11..... 114

Tabla 12..... 115

Tabla 13..... 117

Tabla 14..... 118

Tabla 15..... 119

Tabla 16..... 120

Tabla 17..... 122



## Lista de Gráficos

Grafico 8.1. Niveles de Temperatura, Canales de Riego. ....	48
Grafico 8.2 Niveles de turbiedad, Canales de Riego.....	49
Grafico 8.3 Niveles de Conductividad, Canales de Riego .....	51
Grafico 8.4 Niveles de Salinidad, Canales de Riego.....	52
Grafico 8.5 Niveles de pH, Canales de Riego.....	55
Grafico 8.6 Niveles de Oxígeno disuelto, Canales de Riego. ....	57
Grafico 8.7 Niveles de alcalinidad, Canales de Riego .....	59
Grafico 8.8 Niveles de Solidos Suspendidos Totales (SST), Canales de Riego .....	60
Grafico 8.9 Niveles de Concentración de la Demanda Química de Oxígeno (DQO), Canales de Riego. ....	62
Grafico 8.10 Niveles de concentración de la Demanda Bioquímica de Oxígeno, Canales de Riego.....	65
Grafico 8.11 Niveles de Concentración de Fosfatos (PO <sub>4</sub> ), Canales de Riego.....	67
Grafico 8.12 Niveles de Concentración de Nitritos (NO <sub>2</sub> ), Canales de Riego .....	69
Grafico 8.13 Niveles de Concentración de Nitrato (NO <sub>3</sub> ), Canales de Riego. ....	69
Grafico 8.14 Niveles de Concentración de Sulfatos (SO <sub>4</sub> ), Canales de Riego .....	71
Grafico 8.15 Niveles de concentración de Fosforo, Canales de Riego .....	72
Grafico 8.16 Niveles de concentración de Coliformes Totales, Canales de Riego. ....	74
Grafico 8.17 Niveles de Concentración de Coliformes Fecales, Canales de Riego. ....	75
Grafico 8.18 Relación DBO/OD. ....	77

## Introducción

El agua es el recurso más abundante sobre la tierra cubre cerca del 70% del área de superficie del planeta. El volumen total de agua sobre el planeta es inmenso cerca de 1.410 millones de km<sup>3</sup> extendiéndose sobre la superficie de la tierra formarían una capa de casi 3 mil metros de profundidad. Aproximadamente el 3% es agua dulce, pero casi el 87% de esa agua se encuentra en los glaciares o casquetes polares en la atmosfera, o en el suelo o profundamente subterránea.

Los sistemas de aguas superficiales son las fuentes naturales de abastecimiento de agua de mayor importancia pues además de brindarle hábitats a un sin número de especies bióticas-acuáticas; mediante este tipo de sistemas se pueden dotar de agua a las principales plantas de tratamiento de agua cercanas al sitio en donde esté ubicado dicho ecosistema (**Gross, 1986**).<sup>1</sup>

El embalse del Guajaro, es uno de los cuerpos de agua superficiales de mayor importancia del Departamento del Atlántico. Este posee un área total de 12.200 Hectáreas, y una profundidad aproximada de 2 metros. Y se encuentra ubicado en el municipio de Repelón bajo las coordenadas 10° 25' 38" N – 75°00'08" O.

Este embalse, es sin duda uno de los más extensos de Colombia y del departamento del Atlántico en su género. El cual surgió como producto de la interconexión artificial de diferentes ciénagas, entre las cuales se encuentra: La Limpia, Playón de Hacha, Ahuyamal,

---

<sup>1</sup> **Gross (1986).** *Gestión de la Calidad del Agua a Nivel Mundial*. [En Línea: Art.PDF.]. [Consultado: agosto de 2016]. **Fuente:** <http://www.uaa.mx>.

La celosa y el Guajaro (*Corporación Autónoma Regional del Atlántico, CRA. 2014*)<sup>2</sup>, el Embalse del Guajaro se encuentra definido como ecorregión estratégica y a su vez, es considerado como el segundo embalse más importante por su extensión y productividad, dentro de los de su tipo en el país según la FAO (Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación)”

En la actualidad, este cuerpo de agua se encuentra interconectado a la cuenca hidrográfica del canal del Dique, y así mismo a una serie de canales de riego que facilitan la distribución del flujo de agua a los diferentes municipios circunvecinos (*INCONDER, 2015*);<sup>3</sup> en los cuales se desarrollan un sin número de actividades de carácter agropecuario; (*Alcaldía Municipal-Repelón, Atlántico, 2015*), de igual manera se realizan algunas actividades mineras, relacionadas con la explotación del suelo, extracción de minerales y materiales de construcción (Calizas, Arenas y Piedras); (*Corporación Autónoma Regional del Atlántico, CRA. 2014*).<sup>4</sup> Dicho cuerpo de agua es de vital importancia para los municipios aledaños, y

---

<sup>2</sup> **Corporación Autónoma Regional del Atlántico (CRA)** (2014). *Diagnóstico Inicial para el Ordenamiento del Embalse del Guajaro y la Ciénaga de Luruaco*. Julio 28, 2016., de IDL, Ingeniería de Desarrollo Limpio. Sitio web: <http://craautonoma.gov.co>.

<sup>3</sup> **A. Pombo de la Hoz.** (2016). *Informe Actualizado de los Distritos de Riego al Sur del Departamento del Atlántico*. p.6. Instituto Colombiano de Desarrollo, **Incoder**. Barranquilla-Atlántico. Sitio Web: <http://liquidacion.incoder.gov.co/www/index.aspx>.

<sup>4</sup> **Corporación Autónoma Regional del Atlántico (CRA)** (2014). *Diagnóstico Inicial para el Ordenamiento del Embalse del Guajaro y la Ciénaga de Luruaco*. Julio 28, 2016., de IDL, Ingeniería de Desarrollo Limpio. Sitio web: <http://craautonoma.gov.co>.

en especial para los centros poblados ubicados en sus márgenes, estos mismos se suministran de este recurso hídrico por medio de los canales del Distrito de riego. Muchas de estas poblaciones aprovechan sus aguas para la agricultura, ganadería, pesca, acuicultura, entre otras y en los últimos años estas actividades se han incrementado considerablemente.

Una de las problemáticas ambientales de mayor transcendencia en la actualidad, es la contaminación de ecosistemas y fuentes de aguas superficiales debido al desarrollo de una serie de actividades de carácter antrópico, alrededor de estos sistemas naturales.

Esta problemática sin duda tiene un gran impacto sobre el componente social, debido a que gran parte de las actividades humanas, depende directamente del suministro de agua con el que se disponga, así como de las condiciones fisicoquímicas que presente la misma, es decir la calidad del agua. Es por ello por lo que resulta indispensable, el desarrollo de investigaciones analíticas de carácter cuantitativa, que permitan visualizar de manera general, las condiciones iniciales que presenta el cuerpo de agua y el ecosistema natural en estudio; De tal forma, que, con base a esto, y al uso de una serie de procedimientos experimentales, se determinen las características fisicoquímicas y microbiológicas del mismo. Para a partir de ahí generar posibles soluciones a esta situación problema, y a su vez se promover el uso eficiente y adecuado del agua desde el punto de vista de sostenibilidad ambiental.

En este sentido podría afirmarse que recursos naturales como el agua son de vital importancia para la subsistencia de la humanidad, el manejo adecuado y eficiente del mismo garantiza la satisfacción de necesidades, la erradicación de problemáticas, la

satisfacción de necesidades antrópicas futuras relacionadas con supervivencia y necesidades de consumo.

En el presente documento se resume de forma breve la realización de un estudio de investigación que tuvo como objetivo principal la determinación de las características fisicoquímicas y microbiológicas de uno de los cuerpos de aguas superficiales, de mayor transcendentalidad del Departamento del Atlántico y Municipio de Repelón: El Embalse del Guajaro. Incluyendo, así mismo de forma adicional los afluentes provenientes del mismo, que se transportan por medio de los Canales del Distrito de Riego de este municipio.

Para la realización de este trabajo de investigación, fue necesario la realización trabajos de campos y salidas extracurriculares mediante, las cuales se pudieron observar las posibles fuentes de contaminación, y las posibles zonas de influencia de esta problemática, teniendo en cuenta las características hidrográficas de la zona; así mismo, se desarrolló la determinación y realización de medición de parámetros de carácter in situ los cuales son temperatura, oxígeno disuelto, salinidad, conductividad y pH los cuales permitieron identificar las condiciones iniciales del cuerpo de agua.

## **1. Formulación del Problema**

El Embalse del Guajaro, uno de los cuerpos de agua más importantes del Departamento del Atlántico, abastece a municipios circunvecinos de su área geográfica como Repelón y Manatí, y municipios como Sabanalarga, Luruaco para explotación pesquera.

Una de las principales funciones que cumple el Embalse del Guajaro, es el abastecimiento a los canales del distrito de Riego del Municipio de Repelón, permitiendo el sostenimiento de cultivos y animales proveniente de las actividades antropogénicas que se desarrollan alrededor de estos mismos. Cada una de las actividades para ser realizadas con éxito, requieren de uso de algunos plaguicidas y fertilizantes, como en el caso de la agricultura, y materia orgánica para el caso de la ganadería, parte de ellos se encuentran presentes en cada uno de los canales y llegan directamente al Embalse del Guajaro, debido a que no hay presencia de alguna planta de tratamiento de aguas residuales o un pretratamiento que permita la reducción de carga de contaminantes. De igual forma, la presencia de vertimientos por escorrentías y plantas de tratamiento de aguas residuales de las empresas que funcionan aledañas al Embalse. La población del municipio de Repelón, suministra agua para consumo humano por medio de una planta de tratamiento de agua potable presente en Villa Rosa, lo cual puede resultar perjudicial para la salud de la población, por ello se hace relevante la evaluación de la calidad fisicoquímica y microbiológica de las aguas del Embalse para conocer sus condiciones actuales y que medidas de control se puede implementar.

Según Padilla (2015), el embalse del Guajaro ha padecido una reducción en su área y volumen de manera significativa en los últimos años, experimentó un importante aumento

de salinidad, y ha sido sometido a cambios fundamentales en sus comunidades biológicas. La extracción de agua con fines de recuperación de tierras también ha tenido un profundo impacto en este embalse. Así como también, el exceso de cargas de nutrientes (fósforo y nitrógeno) que provocan la eutrofización debido a las escorrentías provenientes de zonas agrícolas, donde se realizan prácticas poco sostenibles de pesca y acuicultura. Estas cargas generan un crecimiento excesivo de algas y plantas acuáticas, las cuales causan la degradación de la calidad del agua, principalmente por el agotamiento del oxígeno disuelto.

Así mismo, este cuerpo de agua se ha visto influenciado por una serie de problemáticas ambientales. Como producto de la descarga de aguas servidas de los municipios y corregimientos circundantes, y la inadecuada disposición de basuras en el área de anuencia. La caza y la pesca indiscriminada, el control de insectos con agroquímicos, especialmente la descarga de plaguicidas organoclorados, la deforestación de las laderas aledañas al embalse. También actúan como fuente de contaminación las aguas provenientes del Canal del Dique, dado que llegan con un alto contenido de sólidos. La zona llamada “Las Compuertas” al mantenerse cerrada altera la condición natural del embalse, esto impide el lavado de la sal acumulada, se corta el equilibrio biológico de las especies migratorias y no se permite la salida de sedimentos. El arrastre de sólidos provenientes de las canteras de material triturado, la falta de una educación ambiental en la comunidad, entre otros (**R. Oyaga, 2010**).<sup>5</sup>

---

<sup>5</sup> **R. Oyaga Martínez. (2010).** *Realidades Ambientales de los Cuerpos de Agua del Atlántico*. Agosto 8,2016., de Universidad Libre, Barraquilla. Sitio web: <http://www.unilibrebaq.edu.co>.

Teniendo en cuenta lo anterior mencionado, se puede destacar entonces que la calidad ambiental de este gran ecosistema natural se ha visto influenciado, de una u otra manera por el desarrollo continuo de estas actividades antropogénicas, las cuales posiblemente han afectado de forma directa o indirecta la composición natural del mismo. Afirmación, que no se encuentra aislada a la realidad actual, pues, según algunas investigaciones realizadas por la entidad ambiental (CRA), se han podido identificar algunas problemáticas de carácter ambiental, que han facilitado el deterioro de este cuerpo de agua y el padecimiento de alteraciones y/o variaciones en su dinámica hidrobiológica; lo que ha provocado a su vez, la disminución de la capacidad de embalsamiento y reducción del área total del mismo *(Corporación Autónoma Regional del Atlántico, CAR. 2014).*<sup>6</sup>

Es por ello, que, en base a la problemática anteriormente descrita, surgen los siguientes interrogantes:

*¿El embalse del Guajaro posee las características fisicoquímicas y microbiológicas que se requieren para abastecer los diferentes usos que demanda el conjunto de actividades antropogénicas que se desarrollan alrededor del mismo, y en sus inmediaciones?, ¿Qué estrategias resultan idóneas implementar para analizar la calidad de las aguas superficiales del embalse del Guajaro y Distrito de riego de Repelón?*

---

<sup>6</sup> Corporación Autónoma Regional del Atlántico (CRA) (2014). *Diagnóstico Inicial para el Ordenamiento del Embalse del Guajaro y la Ciénaga de Luruaco*. Julio 28, 2016., de IDL, Ingeniería de Desarrollo Limpio. Sitio web: <http://crautonomia.gov.co>.



De tal manera, que se pueda identificar las características fisicoquímicas y microbiológicas de dicho cuerpo de agua, y en base a los resultados implementar medidas de mitigación que garanticen el manejo integral de dicho cuerpo de agua.



## 2. Justificación

El embalse del Guajaro es el cuerpo lagunar más grande e importante del Departamento del Atlántico, que permite abastecer a diferentes municipios para diferentes actividades antropogénicas de la zona, es por ello por lo que es esencial realizar un estudio que permita conocer el estado actual de dicho cuerpo de agua e identificar si cumple con los parámetros para abastecer los diferentes usos antropogénicos de las zonas aledañas.

Debido a esto, se evaluó la calidad del agua proveniente del Embalse que suministra los canales del distrito de riego de Repelón implementando campañas de muestreo para el análisis e identificación de la calidad del mismo y verificación si el aprovechamiento del recurso permitió la adecuada utilización de esta fuente natural.

Además, el resultado de este estudio permitirá determinar el grado de contaminación presente en el área y contribuirán a proponer estrategias de mitigación como control a los efectos negativos que inciden como problemática ambiental.

El agua se considera un recurso renovable pues se renueva constantemente a través del ciclo hidrológico. Sin embargo, esto no significa que es infinito. El consumo de este recurso aumenta rápidamente y sus fuentes de suministro están muy amenazadas por los contaminantes generados por el hombre. Se requiere entonces manejar adecuadamente este recurso y monitorear constantemente su calidad (*Valcarcel, Aberro, Frías; 2009*). La finalidad de realizar los monitoreos de agua es garantizar a sus usuarios un buen recurso natural que permita satisfacer las necesidades del ser humano en su totalidad evitando afecciones o enfermedades representativas. En ocasiones, que el agua se vea clarificada no asegura que debido a su apariencia indique buena calidad, independientemente del uso al

que se le suministrara, puede presentar elevados grados de contaminación. La diversidad de los contaminantes en los medios naturales y agrícolas requieren estudios sobre los procesos correspondientes, cabe resaltar que las condiciones climáticas e hidrológicas inciden en el transporte de los agentes contaminantes.

Los estudios de calidad del agua permiten conocer el estado actual del fluido evaluando cada uno de los parámetros fisicoquímicos (Temperatura, turbiedad, conductividad, salinidad, alcalinidad, Sólidos suspendidos totales, potencial de hidrógeno, oxígeno disuelto), biológicos (Demanda química de oxígeno y demanda bioquímica de oxígeno), nutrientes (Fosfato, nitrito, nitrato, sulfato) y microbiológicos (Coliformes totales y fecales), por medio de este se puede conocer cuan contaminado este dicho cuerpo de agua a medida que pasan los años denotando así la incidencia de las actividades antropogénicas sobre este recurso hídrico.

La búsqueda de alternativas nace de la necesidad de un control masivo del uso del recurso natural puesto que a medida que transcurre el tiempo, dicho cuerpo de agua se agota generando preocupación frente a partes interesadas que se benefician del cuerpo lagunar lo que permite priorizar realizar estudios para identificar si el uso que se le está proporcionando es el adecuado y que tratamientos de control se establecen en caso de generar aguas en bajo estado de calidad. Las principales problemáticas son; La descarga de aguas, disposición de basuras, descarga de plaguicidas entre otras. Por tanto, se propondrán estrategias de control de mitigación para minimizar los efectos ocasionados por estas actividades que inciden directamente en la zona de estudio.

### **3. Objetivos**

#### **3.1 Objetivo General**

Evaluar la calidad fisicoquímica y microbiológica de las aguas superficiales del embalse del Guajaro y Distrito de Riego de Repelón.

#### **3.2 Objetivos Específicos**

- Elaborar una campaña de muestreo en la zona de estudio que facilite la extracción de muestras representativas; mediante las cuales, se garantice el desarrollo de los procedimientos que se requieren para el procesamiento analítico de las mismas.
- Establecer las características fisicoquímicas y microbiológicas del cuerpo de agua en estudio, mediante el desarrollo de procedimientos experimentales, con base a los indicadores de calidad de acuerdo con su uso.
- Proponer estrategias de mitigación que permitan minimizar los efectos generados debido a la incidencia de esta problemática.

## **4. Estado del Arte**

### **4.1 Los estudios de calidad del agua, desde una perspectiva global**

La realización de estudios de calidad de agua como herramienta de carácter fundamental en la determinación de los posibles factores antrópicos y relacionados con la naturaleza, que pueden afectar de una u otra manera la composición natural cualquier cuerpo de agua, resultan de vital importancia en el diagnóstico, evaluación y generación de estrategias que faciliten el manejo integrado del mismo.

El deterioro de la calidad del agua se ha convertido en un motivo de preocupación a nivel mundial debido al crecimiento acelerado de la población humana, la expansión de la actividad industrial y agrícola y la amenaza del cambio climático como causa de importantes alteraciones en el ciclo hidrológico, han sido la razones principales que han motivado a algunas entidades de carácter internacional, como lo es caso de la Organización de Naciones Unidas (ONU), a desarrollar estudios e investigaciones relacionados con la calidad de los cuerpos de aguas superficiales y subterráneas a nivel mundial. A partir de esas investigaciones se ha deducido que el principal problema relacionado con la calidad del agua lo constituye la eutrofización, que es el resultado de un aumento de los niveles de nutrientes (generalmente fosforo y nitrógeno), y afecta sustancialmente los usos de agua. Las mayores fuentes de nutrientes provienen de esorrentías agrícolas y de aguas residuales domésticas, de efluentes industriales y emisiones a la atmosfera procedentes de la

combustión de combustibles fósiles y de los incendios forestales (*Organización de Naciones Unidas, ONU, s.f.*)<sup>7</sup>

Algunos cuerpos de aguas superficiales, como los lagos, lagunas, y embalses, son especialmente susceptibles de los efectos de la eutrofización debido a su complejo dinamismo, con un periodo de residencia del agua relativamente largo, y al hecho de que concentran los contaminantes procedentes de la cuenca de drenaje (*Organización de Naciones Unidas, ONU, s.f.*).

A partir de lo anterior mencionado, se hace necesaria la determinación de una serie de estrategias mediante las cuales se puedan garantizar la preservación y conservación de los cuerpos de aguas superficiales, como una serie de ecosistemas naturales que abastecen a las diferentes actividades antropogénicas que se desarrollan alrededor del mismo.

Es por tal razón que algunas entidades como la Organización Mundial de la Salud (OMS), y La Organización de Naciones Unidas (ONU), entre otras entidades carácter internacional; han desarrollado una serie de investigaciones en cuanto a lo que respecta a calidad de agua, y a partir de ahí han emitido una serie de programas y manuales que tienen como objetivo principal la preservación y conservación del recurso agua.

Este tipo de iniciativas a nivel internacional se remontan a inicio del año 1993, cuando la Comisión Económica de Naciones Unidas para Europa, proporciona directrices para el establecimiento de los criterios de la calidad del agua, así como la formulación de los

---

<sup>7</sup> **Organización de Naciones Unidas (s.f).** *Calidad de Agua: Una visión general*. [En Línea]. [Consultado: Agosto de 2016]. Fuente: <http://www.hydrology.nl>.

objetivos de la calidad de las aguas superficiales continentales con la intención de reforzar la cooperación internacional (*ONU, s.f.*).<sup>8</sup>

Alrededor del año 1996, la Organización de Naciones Unidas (ONU), a través de la Organización Mundial de la Salud (OMS), emitió una guía denominada: Guía de Evaluación y Seguimiento de la Calidad del Agua, la cual proporciona una serie de recomendaciones prácticas y exhaustivas para la evaluación de la calidad del agua en todo tipo de cuerpo de agua dulce. La guía facilita información clave para todas las agencias e individuos responsables de la calidad de las aguas y supone una ayuda para cualquiera que esté involucrado en el establecimiento de un programa de la evaluación de la calidad del agua.

Luego, en el año 2002 el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), y el Programa de Naciones Unidas, para la Educación la Ciencia y la Cultura (UNESCO), realizan un proyecto de investigación de manera conjunta, el cual abordo la vulnerabilidad de los acuíferos y la necesidad de proteger la calidad de las aguas subterráneas de los continentes. El cual, tuvo como área de estudio parte del continente africano (*ONU, s.f.*).

Seguidamente, en el año 2008 la Organización Mundial de la Salud (OMS), realiza una investigación denominada: Calidad del Agua de Ecosistemas, para el consumo humano; esta publicación básicamente tuvo como objetivo principal presentar una evaluación del

---

<sup>8</sup> **Organización de Naciones Unidas (s.f).** *Evaluación y Seguimiento de la Calidad del Agua, a nivel mundial.* [En Línea]. [Consultado: agosto de 2016]. **Fuente:** <http://www.hydrology.nl>.



estado actual de la calidad del agua y sus tendencias a nivel global. A sí mismo, incluye una serie de propuestas para su análisis, y resolución (*ONU, 2010*).<sup>9</sup>

Posteriormente, el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) emite en el año 2010, un informe que identifica las principales amenazas y consecuencias para la salud humana y de los ecosistemas, la gestión inadecuada de aguas residuales y la disposición final de la mismas sobre cuerpos de agua. Este informe también presenta las oportunidades que se podrían obtener si se implementan políticas de gestión a largo y a corto plazo, que resulten adecuadas para facilitar el manejo integrado de los cuerpos de agua, y de esta manera obtener mejoras en la salud pública y contribuir a la preservación y conservación de los recursos naturales (*PNUMA, 2010*).<sup>10</sup>

En este mismo orden, en el año 2012, la Organización Mundial de Salud publica un estudio denominado: *Animal Waste, Water quality and Human Health*, el cual recopila información importante respecto a 5 patógenos diferentes y el problema de las heces animales, domésticas y avícolas que son vertidas directamente sobre el medio ambiente. Así mismo, esta investigación comprende la exposición humana a estos desechos fecales, los posibles efectos sobre la salud asociados con la exposición a estos detritos, así como las intervenciones que limitaran la exposición humana a estos residuos animales (*ONU, s.f*).

---

<sup>9</sup> Organización de Naciones Unidas (2010).

<sup>10</sup> Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (2010). *Índices de Calidad de Agua para Ecosistemas Naturales y Salud Humana*. [En Línea]. [Consultado: agosto de 2016]. Fuente: <http://www.hydrology.nl>.

## **4.2 Diagnóstico de la calidad de los cuerpos de agua superficial y subterráneo a nivel nacional**

En nuestro país Colombia, existe un sin número de información correspondiente a la realización de estudios de la calidad de cuerpos de aguas superficiales y subterráneos. Esto se debe sin duda alguna, a la preocupación continua de los entes territoriales y autoridades ambientales, en cuanto a lo que respecta a la implementación de estrategias para promover la preservación y conservación de los recursos naturales; más específicamente de todo el recurso hídrico a nivel nacional. Esta gestión integral, se ha podido llevar a cabo gracias a la promulgación de una serie de normativas y disposiciones legales que el estado colombiano ha emitido a fin de garantizar precisamente el manejo adecuado de los cuerpos de aguas en todo el territorio nacional.

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), Colombia tiene unas precipitaciones medias anuales de 3.000 mm, con un volumen anual de 3.425 Km<sup>3</sup>. Alrededor del 61% de este, representa la escorrentía anual. De acuerdo con el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) el 40% del abastecimiento de agua es necesario para mantener los ecosistemas y preservarlos de los efectos que amenazan la disponibilidad de agua. Alrededor del 31% de agua dulce de nuestro país proviene de acuíferos y el agua subterránea constituye una importante fuente potencial de abastecimiento de agua. A pesar de la falta de información sistemática sobre el agua subterránea, en general el agua se utiliza de forma poco eficiente y en algunas zonas

esta sobreexplotada, tal y como lo es el caso de la sabana de Bogotá, La Guajira, y Córdoba (*J. Blanco, 2008*).<sup>11</sup>

El almacenamiento de agua superficial en nuestro país incluye la almacenada en lagos naturales y estanques, ciénagas embalses artificiales y glaciares. El almacenamiento de agua superficial es una fuente importante de abastecimiento de agua para muchos usos, entre los cuales se encuentra la conservación de la flora y fauna natural (*J. Blanco, 2008*).

El descenso gradual de la calidad del agua de Colombia se debe a la descarga continua de efluentes sin ningún tipo de tratamiento provenientes del desarrollo de actividades agrícolas, domésticas e industriales, es por ello que resulta de vital importancia la implementación de estrategias desde el punto de vista legal, que permitan y contribuyan a la preservación de este tipo de ecosistemas (*J. Blanco, 2008*).

#### **4.3 Situación Actual de los Cuerpos de Agua Superficial, a nivel Regional y Local**

Los principales cuerpos de aguas superficiales del departamento del Atlántico, en los últimos diez años han presentado un deterioro pronunciado en la calidad del agua (*R. Oyaga, 2013*);<sup>12</sup> estos tipos presenta un alto contenido de materia orgánica y un alto índice de eutrofización. Esta situación se origina como el producto de la alta carga de descarga de aguas residuales y el marcado impacto que las actividades antropogénicas están generando en la calidad de los cuerpos de agua del departamento, y a la falta de políticas claras de

---

<sup>11</sup> **J. Blanco (2008).** *Gestión Integral del Recurso Agua en Colombia*. [En Línea]. [Consultado: agosto de 2016]. Fuente: Documento P.D.F.

<sup>12</sup> **R. Oyaga Martínez. (2010).** *Realidades Ambientales de los Cuerpos de Agua del Atlántico*. Agosto 8, 2016., de Universidad Libre, Barraquilla. Sitio web: <http://www.unilibrebaq.edu.co>.

sostenibilidad entorno al recurso dentro de las autoridades ambientales y los entes territoriales.

Es por ello que, a causa de lo anterior mencionado, la Corporación Autónoma Regional del Atlántico (CRA), ha implementado una serie de estrategias que buscan de una u otra manera la preservación y conservación de los cuerpos de agua.

## 5. Marco Normativo

Mediante el establecimiento de los artículos 79 y 80 de la Constitución Política Colombiana (CPN), en los cuales se establecen las disposiciones legales y técnicas que deben tenerse en cuenta, para garantizar la protección de la integridad y diversidad del medio ambiente, que faciliten la conservación de las áreas de importancia ecológica, y el fomento de la educación ambiental para garantizar el derecho de todas las personas a gozar de un ambiente sano. Se establecieron una serie de medidas preventivas y de control, que buscan imponer sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados sobre los diferentes componentes tanto bióticos como abióticos que integran al medio ambiente (*Alcaldía Mayor de Bogotá, 2010*).<sup>13</sup>

Es de vital importancia resaltar que la promoción de la calidad del agua para consumo humano es un deber inherente al estado colombiano, por tanto, es de su total obligación establecer medidas que garanticen la protección de los distintos cuerpos de aguas superficiales, subterránea, interiores y marinas que hacen parte de la biodiversidad de nuestro país. De tal manera que se prevenga que este tipo de ecosistemas se conviertan en focos de contaminación que coloquen en riesgo los ciclos biológicos, el normal desarrollo de las especies y la capacidad oxigenante y reguladora de los cuerpos de agua (*Alcaldía Mayor de Bogotá, 2010*).

Es por ello que, a raíz de lo mencionado, el estado colombiano mediante un trabajo conjunto con el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) promulgan la

---

<sup>13</sup> **Alcaldía Mayor de Bogotá (2010)**. Resolución 1594 de 1984. [En Línea]. [Consultado: agosto de 2016].

formulación de una serie de normativas que tienen como objetivo principal la protección de la calidad de los cuerpos de agua en caso, de que estas se vean influenciadas por la presencia de cualquier vertimiento o residuo líquido proveniente del desarrollo de un sin número de actividades domésticas, comerciales e industriales.

A partir de esta situación, se formula el decreto **1594 del 1984**, que en su momento reglamento la prevención y control de la contaminación de los cuerpos de agua. Sin embargo, esta normativa presentaba ciertas limitaciones legales que impedían el cabal cumplimiento de cada una de las disposiciones que la misma establecía. Por tal razón, esta normativa fue derogada y en su remplazo entro en vigor el Decreto **3930 de 2010**. El cual estableció las disposiciones relacionadas con el uso de los recursos hídricos y el ordenamiento de los recursos hídricos y los vertimientos que se generan sobre el recurso hídrico, recurso suelo, y sistemas de alcantarillados. Así mismo, este decreto le brindo ciertas competencias y atribuciones a las autoridades ambientales para ejercer control sobre las fuentes generadores de vertimientos, y los prestadores de servicio público de sistema de alcantarillado (*Alcaldía Mayor de Bogotá, 2010*).

A pesar de la gran efectividad del decreto **3930 de 2010**, en cuanto a lo que respecta a la definición de disposición legal en cuanto al uso del agua y vertimientos, surge la necesidad de implementar una nueva normativa un poco más estructurada, la cual garantizara la sostenibilidad del recurso hídrico mediante una gestión y un uso eficaz y eficiente, articulados al uso y ordenamiento del territorio y a la conservación de los ecosistemas que regulan la oferta hídrica, considerando el agua como factor de desarrollo económico y de bienestar social, e implementado procesos de participación equitativa e incluyentes. Es por ello, que con base a lo anterior mencionado se emite y se implementa la **Resolución 0631**

**de 2015**, como la nueva normativa que regularía las descargas de vertimientos puntuales sobre cuerpos de agua, mediante el establecimiento de parámetros y límites máximos permisibles que debían poseer dichos vertimientos según la actividad de la cual provinieran (*Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, MADS; 2015*).<sup>14</sup>

Esto con el objetivo de implementar acciones preventivas y de control, que permitan garantizar la calidad de los cuerpos de aguas superficiales, así como la disminución de las posibles alteraciones que posiblemente generarían la emisión de un vertimiento puntual sobre la calidad ambiental de dicho cuerpo de agua.

---

<sup>14</sup> **Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2015).** *Resolución 0631 de 2015*. [En línea].

[Consultado: agosto de 2016]. Fuente: <http://www.alcaldiabogota.gov.co>.

## 6. Descripción de la zona de estudio

El embalse del Guajaro es un cuerpo de agua ubicado al norte de Colombia, en el suroccidente del departamento del atlántico en el municipio de repelón (*Fig.1*). Con unas coordenadas de 10°42 N y 75° 6 W,<sup>15</sup> surgió como resultado de la unión artificial de distintas ciénagas como ciénaga Limpia, Ahuyama, Cabildo, Playón de Hacha, La Celosa Y el Guajaro; el embalse cuenta con una extensión de 12.000 hectáreas, anteriormente contaba con 16.000 pero debido a la formación de islotes de sedimentos por los bajos niveles de agua ha disminuido proporcionalmente. Este embalse, se provisiona de agua del Canal del Dique, las cuales son aprovechables para el desarrollo de diversos tipos de actividades económicas como el funcionamiento del distrito de riego y drenaje de la zona. Adicional a esto, este cuerpo de agua se ha convertido en el escenario ideal para el desarrollo de actividades pesqueras; convirtiéndose de esta forma en una de las extensiones de agua de mayor importancia en la región caribe. Actualmente, este embalse presenta un sistema integrado de compuertas que lo conecta con un brazo del río Magdalena (Canal del Dique), lo cual, permite y facilita el control de la entrada y la salida del agua al mismo. Se estima que el caudal de descarga que emerge cuando el sistema de compuertas se encuentra en funcionamiento es de  $100 \text{ m}^3/\text{s}$ .

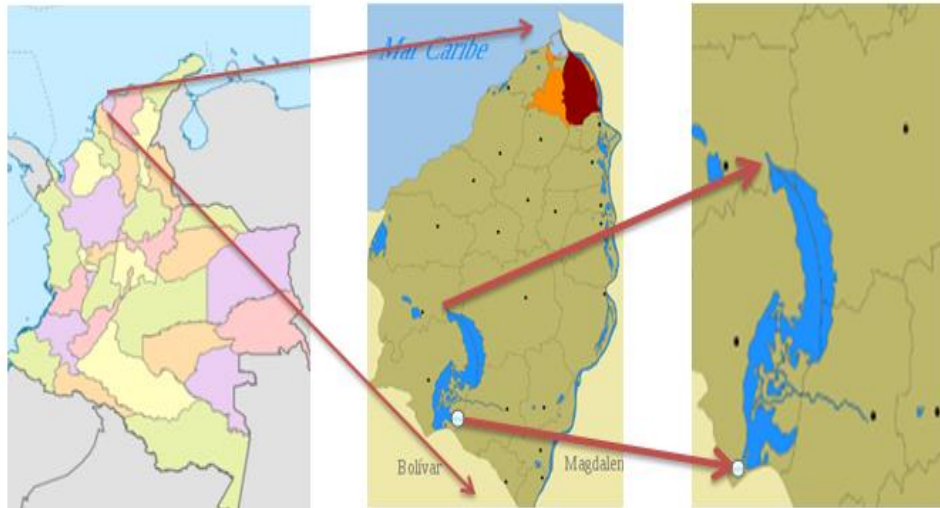
---

<sup>15</sup> **F. Torres Bejarano.** (et al) (2015). La *Modelación hidrodinámica para la gestión hídrica del embalse del Guajaro, Colombia*. [En Línea]: ScienceDirect, Revista de Investigación de Métodos Numéricos.

[Consultado 19 de abril de 2016.]. **Fuente:**

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0213131515000310>.

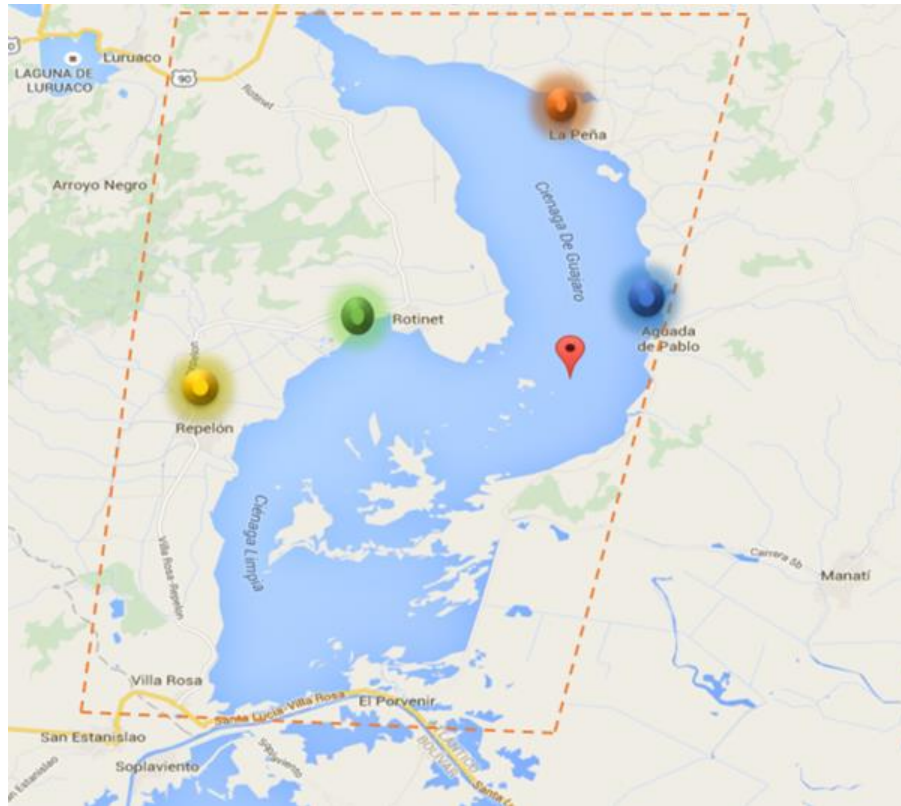




*Figura 6.1. Ubicación Geográfica del Embalse del Guajaro; Barranquilla-Atlántico, Colombia.*

Fuente: Por, R. Ariza, 2017. Modificado de Google Maps

Tal y como se mencionó anteriormente este cuerpo de agua, es de vital importancia para la región caribe, no solo por su gran extensión, si no por el sin número de servicios ecosistemicos que les brinda a los municipios del departamento del Atlántico, circunvecinos al mismo. Debido a que, gracias al afluente proveniente de este embalse, se ha facilitado el establecimiento de un conjunto de sistemas de riego que abastecen de agua principalmente al municipio de Repelón, Manatí, y Santa Lucia así mismo algunos municipios y corregimientos, tal y como lo es el caso de Aguada de pablo, Rotinet, La Peña Villa Rosa (**Fig.2**). Es importante resaltar que estos distritos de riego abarcan zona perimetral del embalse, y se extienden hasta los municipios de repelón manatí, y Santa Lucia, y a partir de allí se derivan los canales de distribución que facilitan el proceso de riego en las áreas o zonas municipales que comprende el mismo.



*Figura.6.2. Delimitación e Identificación del Área de Estudio.*

Fuente: Por, R. Ariza, 2017. Modificado de Google Maps

El Municipio de Repelón se encuentra ubicado geográficamente al sur occidente del Departamento del Atlántico, en la zona central de la Región Caribe, norte de la República de Colombia, noroccidente de Sur América, situada a  $10^{\circ}.30' \text{ N}$  y  $75^{\circ}.08' \text{ W}$ , este a si vez se encuentra delimitado al sur por el Departamento del Atlántico. En su territorio se encuentra el Embalse del Guajaro y forma parte de los 23 municipios que conforman la división política del Departamento del Atlántico - Colombia.

Limita al Norte con el Municipio de Luruaco; al Oriente con los Municipios de Sabana larga y Manatí; al Sur limita con los Municipios de Sopienviento y San Estanislao de

Kostka (Arenal), en el Departamento de Bolívar y al Occidente con los Municipios de Villa Nueva y Clemencia en el Departamento de Bolívar.<sup>16</sup>

Tal y como se mencionó previamente, la principal fuente acuífera de este municipio es el Embalse del Guajaro que almacena unos 400 millones de metros cúbicos en 12.000 hectáreas; está ubicado al Oriente del casco urbano siendo el Municipio de Repelón el que cuenta con mayor jurisdicción sobre dicho Embalse (**Fig.3**). El resto del Municipio se halla atravesado por un conjunto de arroyos que solo se animan en épocas de invierno y la mayoría de ellos desaguan en el Embalse del Guajaro; ellos son: Henequén, Salado, Tronera, Chorro, Armadillo, Sábanas y Banco. El agua que suministra el Distrito de Riego al municipio de Repelón que proviene del embalse del Guajaro, es utilizada para todo tipo de actividades incluyendo el abastecimiento del agua potable. Las principales actividades económicas, que se desarrollan en este municipio son la ganadería, la pesca artesanal, y la agricultura, los cultivos principales de este canal son arroz, palma de aceite, plátanos, cítricos, pasto, limón, piscicultura en área aproxima de 500 hectáreas.

---

<sup>16</sup> **J. Villas del Rio (1998).** *Despensa Agrícola y Pesquera del Caribe; Municipio de Repelón Atlántico.*



Figura 6.3. Ilustración del Distrito de Riego y sus canales de Distribución; Repelón – Atlántico.

Fuente: Por, R. Ariza, 2017. Modificado de Google Maps

Por otra parte resulta indispensable destacar que el distrito de riego de Repelón cuenta con una superficie de 3800 Ha, de los cuales se aprovecha el 90%. Este distrito de riego abastece únicamente al municipio de Repelón contando con 426 usuarios, consta de una estación principal de bombeo, la cual cuenta con 7 bombas que alimentan a los canales de distribución (**Fig.3**); El canal inferior es alimentado mediante tres bombas cuya capacidad totales de  $2 \text{ m}^3/\text{s}$  la N°1 y la N°2 son nuevas y no está funcionando solo la N°3 que es de las antiguas ya que los bajos niveles de agua no permiten el funcionamiento de las nuevas.<sup>17</sup> Este Distrito siempre ha tenido suministro de agua aunque se considera que funciona máximo en un 40% debido al tipo de maquinaria que se utiliza para este procedimiento, sumado a esto los daños causados en su infraestructura con la ola invernal.

<sup>17</sup> **A. Pombo de la Hoz.** (2016). Informe Actualizado de los Distritos de Riego al Sur del Departamento del Atlántico. p.6. Instituto Colombiano de Desarrollo, **Incoder**. Barranquilla-Atlántico. Doc. Web-PDF.

## **7. Metodología**

### **7.1 Reconocimiento y Selección de las Estaciones de Muestreo**

Para el análisis y evaluación de la calidad del agua del Embalse del Guajaro y Distrito de Riego de Repelón, fue de gran relevancia el reconocimiento de la zona de estudio que facilitó la selección de las posibles estaciones de muestreo. Entre las actividades y procesos realizados se encuentran las siguientes: La primera consistió en recopilar información básica y preliminar a cerca de la zona de estudio, esto con la finalidad de determinar las características geográficas y topográficas de la zona. De tal manera, que con base a esa información se identificaron las estaciones de muestreo.

Dicha información fue suministrada por Instituto Colombiano de Desarrollo Rural del Departamento del Atlántico (INCODER); lo cual favoreció la realización de la actividad mencionada anteriormente.

Posteriormente, se realizó una visita exploratoria a la zona de estudio, con el objetivo de identificar las variables meteorológicas y medio ambientales, que incurrieron en el normal desarrollo de las actividades de muestreo que se desarrollaron.

### **7.2 Delimitación de las Estaciones de Muestreo.**

En lo que respecta a la campaña de muestreo, en su totalidad fueron 17 estaciones seleccionadas, teniendo en cuenta que la zona de estudio comprende dos áreas geográficas, con características físicas y ambientales completamente distintas: La primera zona comprende el Embalse del Guajaro, y todas sus inmediaciones hidrográficas; por su parte la segunda zona acoge al distrito de Riego del Municipio de Repelon-Atlántico.

En la primera zona de estudio (*Embalse del Guajaro*), se establecieron un número total de 9 estaciones, los cuales se extienden por toda la superficie o área de dicho cuerpo de agua. En cuanto a lo que respecta la segunda zona de estudio se establecieron un total de 8 estaciones de muestreo, los cuales se distribuyen alrededor del sistema hidráulico que comprende el Distrito de Riego del Municipio de Repelon-Atlántico. Más específicamente desde la estación de abducción hasta la zona de interconexión de dicho sistema con el embalse del Guajaro.

La delimitación de cada una de estas estaciones se realizó mediante la utilización de sistemas y software de georreferenciación, que permitieron la ubicación y distribución espacial de los mismos en la zona de estudio (***Fig.4.***).

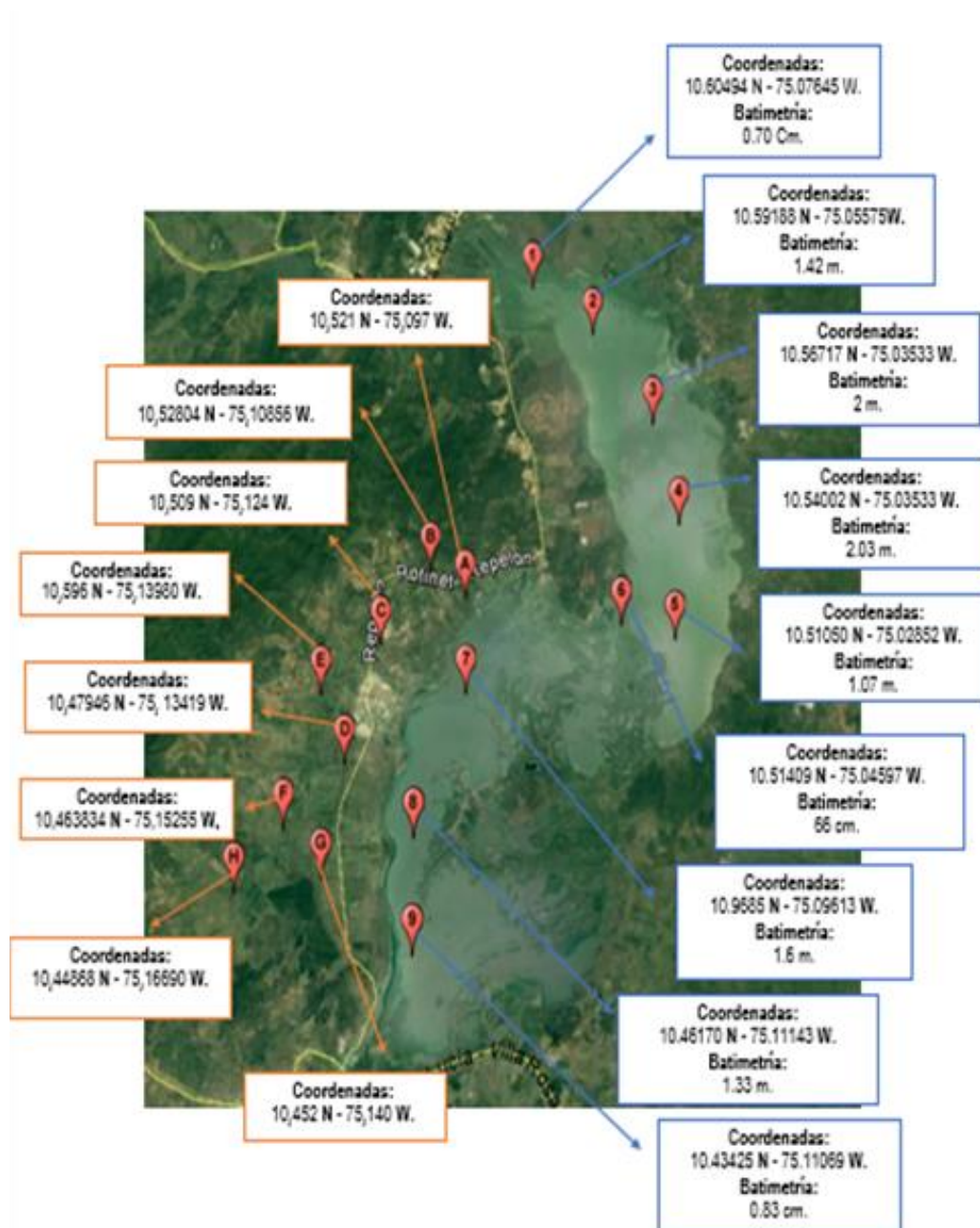


Figura 7.1. Panorámica espacial de las estaciones de muestreo seleccionadas



Fuente: Por, R. Ariza, 2017. Modificado de Google Earth



### 7.3 Identificación y Descripción de las Estaciones de Muestreo

Tabla 1

*Estaciones de Muestreo; Canales Distrito de Riego de Repelón.*

Descripción	Figura
<p><b>A:</b> Se encuentra a 10.52100 N – 75.097 W; denominada estación de abducción, debido a que es la estación por la cual ingresa el agua directamente del Embalse del Guajaro para suministrar el recurso hídrico a los Canales del Distrito de Riego de Repelón. En esta zona hay presencia de actividades económicas como la producción de peces, estaciones piscícolas, producción de árboles para reforestación, agricultura y ganadería. Al norte, limita con un vivero forestal, en donde se cultiva arroz y hay presencia de ganado. Al sur se encuentra el Embalse del Guajaro. Al occidente la estación de bombeo de la Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (UNAP). Sus condiciones ambientales oscilan entre 30 – 35 °C</p>	
<p><b>B:</b> Se encuentra a 10.52804 N – 75.10856 W; denominada primera estación del canal superior, muy próximo a la Dársena, en esta zona el agua que proviene del embalse presenta una mejor apariencia en su color debido a que el arrastre de lodo es menor al que se presenta en el canal inferior, ya que se realiza por medio de rembombeo. Al norte limita con predios donde hay presencia de la actividad de ganadería. Al sur con la piscina de almacenamiento. Al oriente de la misma manera con ganadería. Y al occidente con predios donde se estimula la agricultura, cultivos de</p>	



pasto, papaya, plátano, tomate y frutales.

**C:** Se encuentra a 10.509 N – 75.124 W; denominada segunda estación del canal inferior donde hay presencia de zonas con actividades económicas como la ganadería, agricultura en cultivos de arroz, plátano en asociación con cultivos frutales. Al norte, limita con predios donde hay presencia de la actividad de agricultura como plátano, yuca y frutales. Al sur zona de pastizales, ganadería e instalación de cultivos de arroz. Al oriente cultivos de plátano y frutales y al occidente limita con el municipio de Repelón.



**D:** Se encuentra a 10.47946 N – 75.13419 W; tercera estación del canal inferior el cual es suministrado por gravedad. Al norte limita con el municipio de Repelón y predios donde hay presencia de la actividad de ganadería. Al sur con propiedades de ganadería y actividades de agricultura como el cultivo de arroz. Al oriente con parcelas donde se cultiva millo forrajero para la producción de silo. Y al occidente con zonas de agro frutales, cultivos de papaya y ganadería.



**E:** Se encuentra a 10.596 N – 75.13980 W; denominada segunda estación del canal superior próximo al municipio de Repelón. Al norte limita con predios en la cual se realizan actividades de agricultura como cultivos de plátano y yuca y cierta cantidad de ganado. Al sur limita con la caseta de rebombeo N° 6, así mismo parcelas con cultivos de papaya, plátano, guayaba, mango y



pasto. Al oriente, parcelas con cultivos de yuca y plátano y al occidente con ganadería.

**F:** Se encuentra a 10.463834 N – 75.15255 W; denominada tercera estación del canal superior con aguas oscuras cerca de una de las casetas de rebombeo. Dueños de predios y parcelas próximas a este punto hacen uso de motobombas y mangueras de larga extensión debido a que el recurso hídrico no les llega hasta sus lugares de siembra de cultivos. Al norte hay presencia de cultivos de yuca, y riego para cultivos. Al sur, cultivos de plátano y yuca. Al oriente, la caseta de rebombeo N° 10. Y al occidente parcelas dedicadas a la ganadería y al cultivo de plátano.



**G:** Se encuentra a 10.452 N – 75.140 W; denominada cuarta estación del canal inferior, representando la parte final del canal. Al norte limita con predios dedicados a la actividad económica de ganadería. Al oriente se presencia la producción de cerdo y queso, sumado a esto, actividades de agricultura como es el cultivo de arroz, millo forrajero para la producción de silos. Y al occidente se realiza actividades de agricultura como es el cultivo de guayaba, plátano y agro forestales.



**H:** Se encuentra a 10.44868 N – 75.16690 W; denominada cuarta estación del canal superior, ausencia de agua en esta zona puesto que en esta parte estructural del canal las bombas no están en funcionamiento debido al estado deficiente de su infraestructura que comprenden las bombas 11 a la bomba 13. Al norte limita con predios dedicados a las actividades económicas de agricultura

---

y ganadería. Al sur con actividades cómo ganadería y de agricultura cultivo de palmeras. Al oriente igualmente actividades de ganadería y palmeras africanas. Y al occidente predios dedicadas a la agricultura, como cultivos de yuca y ñame para la producción de semillas y así mismo cultivo de tecas.



---

*Nota:* Descripción de las estaciones de muestreo, Canales del Distrito de riego de Repelón – Atlántico. Por A. Avendaño, 2017.



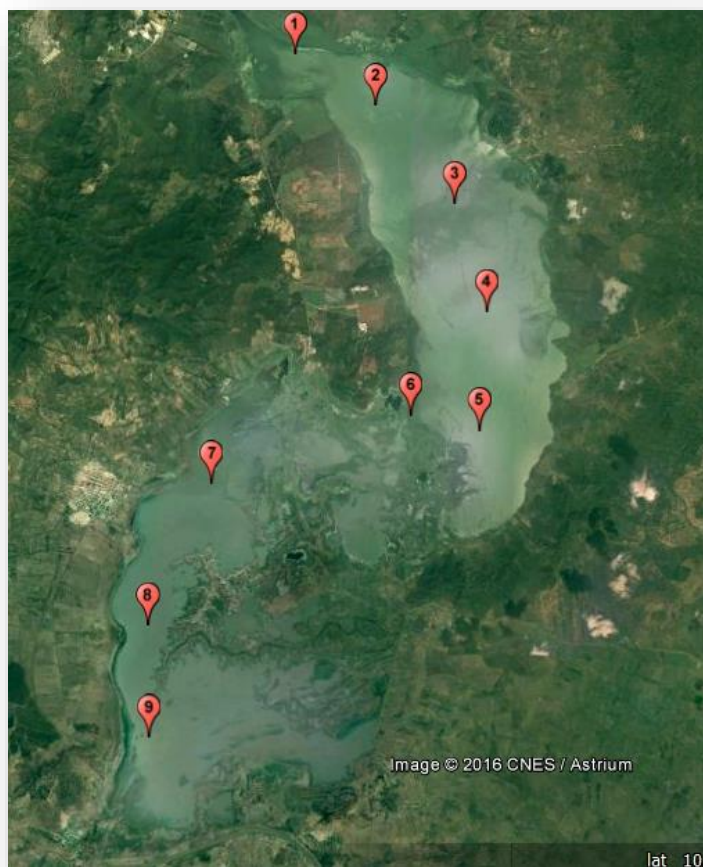
**Embalse del Guajaro:**

Figura 7.2 Estaciones de muestreo; Embalse del Guajaro.

Fuente: Por, A. Avendaño, 2017. Modificado de Google Earth

Tabla 2

*Estaciones de Muestreo; Embalse del Guajaro*

Descripción	Figura
<p><b>1 y 2:</b> Se encuentra a 10.60494 N - 75.07645W; 10.59188 N - 75.05575W; respectivamente, al norte del embalse del Guajaro con una proximidad al corregimiento de Arroyo de Piedra, zona en la cual es representativa la actividad de ganadería, piscicultura y la acuicultura de Camarón en fincas aledañas a esta estación.</p>	
<p><b>3:</b> Se encuentra a 10.56717 N - 75.03533 W; limitando al nororiente con el corregimiento de La Peña- Sabanalarga, en la cual las actividades que más se destacan y resaltan son la piscicultura, cultivo de tilapia roja, acuicultivos de camarón en fincas cercanas a esta zona, adicional a esto hay presencia de cultivos de teca y fuente de vertimiento de aguas residuales.</p>	
<p><b>4 y 5:</b> Se encuentra a 10.54002 N - 75.02689 W; 10.51050 N - 75.02852 W, correspondiente, próximos al corregimiento de Aguada de Pablo en donde se realizan actividades de agricultura, como lo es el cultivo de maíz y de yuca, así mismo la piscicultura de tilapia roja, ganadería y porcicultura que se abastecen como fuente directa de captación el Embalse del Guajaro</p>	
<p><b>6:</b> Se encuentra a 10.51409 N - 75.04597 W; estación de muestreo aledaña al corregimiento de Rotinet – Repelón, corregimiento donde se desarrollan principalmente actividades como la agricultura (Cultivo de Melón y Piña), en ocasiones avicultura, zootecnia. Servicio de agua potable y canteras teniendo como fuente directa de captación el Embalse del Guajaro.</p>	

**7:** Se encuentra a 10.49685 N - 75.09613 W; estación de muestreo ubicada al occidente de Repelón, zona en la cual una de las principales fuentes de captación es del recurso hídrico Embalse del Guajaro, el cual realiza el aprovechamiento de este para actividades como la ganadería y cultivo de plátanos, yuca, maíz y arroz; consumo doméstico, abastecimiento para las albercas de ganado, Zoocria, riego, acuicultura.



**8:** Se encuentra a 10.46170 N - 75.11143 W; estación de muestreo que limita al norte con el municipio de Repelón, Próxima a la bocatoma de la Planta de Tratamiento de Agua potable de dicho municipio.



**9:** Se encuentra a 10.43425 N - 75.11069 W; estación de muestreo próxima al corregimiento de Villa Rosa- Repelón, una de las principales actividades es la agricultura, como el cultivo de plantas ornamentales y palma de cera.



---

*Nota:* Descripción de las estaciones de muestreo, Embalse del Guajaro. Por A. Avendaño, 2017.

#### **7.4 Procedimiento del Muestreo**

Las muestras se extrajeron como simples o puntuales, con el fin de obtener evidencias representativas que permitieran identificar la composición del cuerpo de agua, y las características propias del mismo.

Para la toma de muestras fue necesario utilizar distintos recipientes que permitieran el envasado adecuado para la preservación de las muestras hasta el laboratorio y de acuerdo con los parámetros a evaluar. Para los parámetros fisicoquímicos se utilizaron recipientes de plástico de 1L, en el caso de los nutrientes se utilizaron botellas ámbar de 1L bañadas en ácido sulfúrico y para los parámetros microbiológicos fue necesario el uso de botellas Stock de 250 ml esterilizadas con Tiosulfato de Sodio. Cada recipiente fue sometido a proceso de lavado y secado con el fin de preservar la muestra, así mismo rotulados, que permitieron la identificación de las muestras por estación, al momento de realizar el análisis en el laboratorio, cada rotulo describía de manera detallada hora, fecha, lugar de origen de la muestra, entre otros.

La dinámica de recolección de muestras, consto en la división de dos equipos de trabajo, uno de ellos se dirigió a realizar la recolección de muestras en el Embalse del Guajaro, contando con una embarcación que les permitió la movilización por el cuerpo de agua, tomando las muestras en cada estación con éxito. El otro equipo de trabajo se dirigió directamente hacia los Canales del Distrito de Riego de Repelón por medio de vehículos permitiendo identificar la zona de estudio y la extracción del número de muestras que se requirieron para cada uno de los parámetros seleccionados.

El lapso en el cual se realizó la toma de muestras fue para los días 28 y 30 de junio del año 2016, considerándose época de sequía, debido a la ausencia de lluvias.

### **7.5 Numero de Muestras Recolectadas, Cadena de Custodia y de Preservación**

Para la evaluación de la calidad del agua de la zona de estudio se tomaron muestras puntuales en tres recipientes por cada estación de muestreo, con el fin de realizar los análisis fisicoquímicos, nutrientes y por último análisis microbiológico.

Para minimizar el potencial de volatilización o biodegradación entre muestreo y análisis, se mantuvo cada muestra lo más fresca posible sin congelación. Se empacaron en hielo triturado o en cubos o sustitutos comerciales de hielo antes del envío. Se mantuvo las muestras enfriadas con hielo o un sistema de refrigeración ajustado a 4 ° C durante la composición. Al no ser posible un análisis inmediato, se almacenaron a 4 ° C. (*Standard Method; Ed20; 1060C*).

Para la preservación y transporte de muestras se refrigeraron los recipientes en neveras de poliestireno expandido (Icopor), que contenían “Ice Pack”, las cuales permitieron regular la temperatura a 4°C, con la finalidad de que las muestras se conservaran y no presentaran cambios que luego afectarían en los resultados; durante su desplazamiento y transporte al Centro de Investigación de Tecnologías Ambientales (CITA) de la Universidad de la Costa; en donde se realizó los respectivos análisis de dichas muestras.

### **7.6 Parámetros Fisicoquímicos y Microbiológicos**

Los parámetros por estudiar fueron escogidos de acuerdo con los objetivos inicialmente planteados, es decir la evaluación de la calidad Fisicoquímica y microbiológica de las aguas superficiales del Embalse del Guajaro y Canales del Distrito de Riego de Repelón.




Los parámetros por estudiar son: pH, Temperatura, Oxígeno disuelto, Salinidad, Conductividad, Turbiedad, Sólidos Suspendidos Totales, Alcalinidad, DBO, DQO, Fosfato, Fosforo, Nitrito, Nitrato, Sulfato, Coliformes Totales y Fecales.

### 7.7 Métodos de Medición y Análisis.

Para la medición de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos seleccionados. Se hicieron uso de una serie de equipos e instrumentos que resultaron de una u otra forma indispensable para determinar los valores de concentración o persistencia de dichos parámetros. A continuación, se especificarán los procedimientos metodológicos que se tuvo en cuenta para la medición de cada uno de estos parámetros, así como el tipo de instrumentos y equipo que se requirieron para el desarrollo de cada una de estas mediciones (*Ver Tabla.4*).

Tabla 3  
Métodos de Medición y Análisis

Parámetro	Unidad	Procedimiento	Equipos
<b>In-Situ</b>			
Potencial de Hidrogeno (pH).	-	<b>Método electrométrico.</b> Fue medida mediante el uso de un pH-metro (pH 100 A); sumergiendo el electrodo en el lugar del muestreo de forma superficial sobre el cuerpo de agua en estudio; durante el lapso que resultara necesario para complementar la medición. (4500-H)	
Temperatura.	°C	<b>Método electrométrico.</b> Se midió haciendo uso del pH-metro pH 100 A.	

<i>Oxígeno Disuelto (OD).</i>	mg/L	<b>Método electrométrico.</b> Para la medición de este parámetro se hizo uso de un Oxímetro <b>DO 200 YSI</b> , (El procedimiento de medición fue muy similar al ejecutado para la determinación de los valores de pH). (4500-O)
<i>Salinidad. Conductividad.</i>	Ppm ms/cm	<b>Método conductividad eléctrica.</b> Se midió haciendo uso del Oxímetro <b>DO 200 YSI</b> . (2510-A)



### Ex Situ.

Parámetros Fisicoquímicos.		
<i>Turbiedad.</i>	UTN	<b>Método nefelómetro.</b> Fue medida mediante la utilización del Turbidímetro <b>2100 Q</b> . Vertiendo 10 ml de muestra de agua sobre una celda tipo tubo de ensayo (tapa rosca). Luego, dicho recipiente se introducía en el interior del equipo, el cual realizaba la medición de forma automática. (2130-A)
<i>Sólidos Suspendidos Totales (SST).</i>	mg/L	<b>Filtración al Vacío:</b> Para este procedimiento se hizo uso de papel filtro de fibra de vidrio, sobre los cuales se vertió un total de 21 ml de muestra. Los cuales, fueron filtrados sobre un embudo. Y posteriormente, sometidos a succión mediante el uso de una “ <i>Trompa de agua o Bomba de Vacío</i> ”. (2540-D)  <b>Método Titulométrico:</b> Sobre una bureta se vertió un total de 50 ml de HCl, y sobre un Erlenmeyer se agregó 10 ml de la muestra de



*Alcalinidad.* mg/L agua y una gota de verde de Bromocresol.  
Luego, de ello se inició a titular de forma lenta, dejando rebosar el HCl, sobre el recipiente que contenía la muestra de agua. Hasta obtener un cambio de color de amarillo a un color azul. (2320-B)

*Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO).* mg/L **Prueba DBO Final:** Inicialmente se procedió a llenar las botellas BOD grandes (> 2 L, o, alternativamente, 6 o más frascos de DBO 300 mL) con la muestra a 20 ° C. Luego, se añadieron sin nutrientes, semillas, o inhibidor de la nitrificación en dichas botellas. Posteriormente, se incubó a 20 ° C en la oscuridad. Y se midió DO en cada botella a intervalos de al menos 2 a 5 d durante un periodo de 30 a 60 d (un mínimo de 6 a 8 lecturas) o más en circunstancias especiales. (5210-C)

*Demanda Química de Oxígeno (DQO).* mg/L **Método colorimétrico, reflujo cerrado:** Para la determinación de la Demanda química de Oxígeno (DQO), se procedió a pipetear en 7 tubos de digestión: 1, 2, 3, 4, 5, 8 y 10 ml de la solución estándar de KHP y completar un volumen final de 10 ml con agua destilada. Estas soluciones corresponden a 50, 100, 150, 200, 250, 400, 500 mg  $O_2$ /L respectivamente. Se hizo un blanco de reactivos, pipeteando 10 ml de agua destilada en un tubo de digestión. Agregar a cada tubo de digestión 6 ml de solución de digestión y 14 ml de solución de ácido sulfúrico. Tapar bien los tubos de digestión y agitarlos vigorosamente. Colocar los tubos en el digestor a 150°C durante 2 horas. (5220-D)



Nutrientes		
<i>Fosfato.</i>	mg/L	<p><b>Fotometría:</b> Inicialmente se procedió a disolver sobre un tubo de ensayo 10 ml de la muestra de agua, y de manera instantánea se agregó sobre dicho tubo una tableta de Fosfatest SR y Fosfatest HR. Seguidamente, se agito la mezcla de forma continua hasta obtener una solución parcialmente homogénea.</p> <p>Luego, de haber transcurrido un lapso de 10 minutos; y al obtener un cambio de color en la muestra, se procedió a realizar la respectiva medición en el equipo seleccionado para este fin, el cual es el <b>Fotómetro YSI 9300</b></p>
<i>Nitrito.</i>	mg/L	<p><b>Fotometría:</b> Inicialmente se procedió a disolver sobre un tubo de ensayo 10 ml de la muestra de agua, y de manera instantánea se agregó sobre dicho tubo una tableta de NITRICOL.</p> <p>Seguidamente, se agitó la mezcla de forma continua hasta obtener una solución parcialmente homogénea.</p> <p>Luego, de haber transcurrido un lapso de 10 minutos; y al obtener un cambio de color en la muestra, se procedió a realizar la respectiva medición en el equipo seleccionado para este fin, el cual fue el <b>Fotómetro YSI 9300</b>.</p>
<i>Nitrato.</i>	mg/L	<p><b>Fotometría:</b> Inicialmente se procedió a disolver sobre un tubo de ensayo 20 ml de la muestra de agua, y de manera instantánea se agregó sobre dicho tubo una tableta de Nitratest Powder y Nitratest Tablet. Seguidamente, se</p>



agito la mezcla de forma continua hasta obtener un precipitado.

Luego, mediante el uso de un embudo se filtró el precipitado formado en la solución. Y de manera instantánea, se extrajeron 10 ml de muestra, sobre los cuales se agregaron una tableta NITRICOL.

Luego, de haber transcurrido un lapso de 10 minutos; y al obtener un cambio de color en la muestra, se procedió a realizar la respectiva medición en el equipo seleccionado para este fin, el cual fue el **Fotómetro YSI 9300**

*Sulfato.*

mg/L

**Fotometría:** Inicialmente se procedió a disolver sobre un tubo de ensayo 10 ml de la muestra de agua, y de manera instantánea se agregó sobre dicho tubo una tableta de Sulfatest.

Seguidamente, se agito la mezcla de forma continua hasta obtener una solución parcialmente homogénea.

Luego, de haber transcurrido un lapso de 5 minutos; y al obtener un cambio de color en la muestra, se procedió a realizar la respectiva medición en el equipo seleccionado para este fin, el cual fue el **Fotómetro YSI 9300**

#### **Parámetros Microbiológicos**

		<b>Método del Número más Probable:</b>
<i>Coliformes Fecales.</i>	NMP/ 100ml	Se realizaron una serie de disoluciones en algunos tubos de ensayo, para garantizar la obtención de muestras representativas. Luego, se procedió a realizar análisis de carácter presuntivos mediante la utilización de dos reactivos: <i>Caldo Lauryl Triptosa</i> , <i>Caldo Brilla</i> . Para descartar aquellas muestras que no presentaran presencia de lactosa o gas (Muestras Negativas).
<i>Coliformes Totales.</i>	NMP/ 100ml	

Para finalmente, realizar los análisis de tipo confirmativo mediante el uso del *Caldo EC*. Con el objeto, de determinar la presencia de coliformes totales. (9221-B)

---

*Nota:* Descripción de métodos y análisis de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos Por Apha Awwa (1985). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater; Ed.20. – Manual YSI 9300 Y 9500.

## 7.8 Identificación de las características fisicoquímicas y microbiológicas

Para la identificación de las características fisicoquímicas y microbiológicas del cuerpo de agua, se realizó una visita exploratoria, que permitió identificar el área de estudio y cada una de las actividades antropogénicas que se desarrollan en las estaciones de muestreo y sus alrededores, así mismo el uso del agua por parte de la población aledaña tanto al Embalse del Guajaro, como para los Canales del Distrito de Riego de Repelón. Luego de obtener los resultados de manera experimental en el laboratorio, se representaron gráficamente por parámetros, haciendo uso de pictogramas (**Canales de Riego**) y Mapas de Surfer 11 (**Embalse del Guajaro**) reflejando las variaciones de acuerdo a las condiciones de cada estación de muestreo, así mismo, se optó por analizar y verificar si cada uno de los parámetros cumplía con los límites permisibles establecidos por la normatividad colombiana vigente y si el recurso hídrico se encuentra en condiciones aptas de acuerdo a su uso. Por ello se realizó un análisis en el cual se comparó la normatividad que rige los parámetros de calidad del agua para cada uno de los valores obtenidos por estación. (**Ver Anexo 1**) teniendo en cuenta el uso por actividad (**Ver Anexo 2**), cabe resaltar que no en todas las estaciones de muestreo se realizan las mismas actividades, por ello, se especifica puntualmente la norma que abarca cada uno de los parámetros, sumado a ello se consideró la línea base de estudios realizados en años anteriores como guía de resultados y normas internacionales que rigen cuerpos de agua similares al Embalse. (**Ver Anexo 3**).

### **7.9 Estrategias de mitigación**

De acuerdo con los resultados obtenidos en la zona de estudio, es visible los valores altos que se presentan en los parámetros evaluados para el estudio de calidad del agua, por ello se considera idóneo implementar estrategias de mitigación, puesto que es evidente que hay una problemática actualmente, que compromete dicho recurso hídrico, provocando así grandes afectaciones y alteración del medio.

Para ello se estima, el desarrollo de planes de manejo ambiental que permitieron identificar los aspectos e impactos ambientales visibles sobre dicho cuerpo de agua y las medidas de manejo ambiental sobre la problemática identificada.

## 8. Análisis de resultados

### 8.1 Canales del distrito de riego de Repelón

Los resultados obtenidos de acuerdo con la información recolectada de estudios de calidad de agua de los canales del distrito de riego de repelón son interpretados por medio de pictogramas representativos ya que permite conocer cada una de las variaciones de los puntos en donde se realizó dicho estudio.

#### 8.1.1 Parámetros físicos

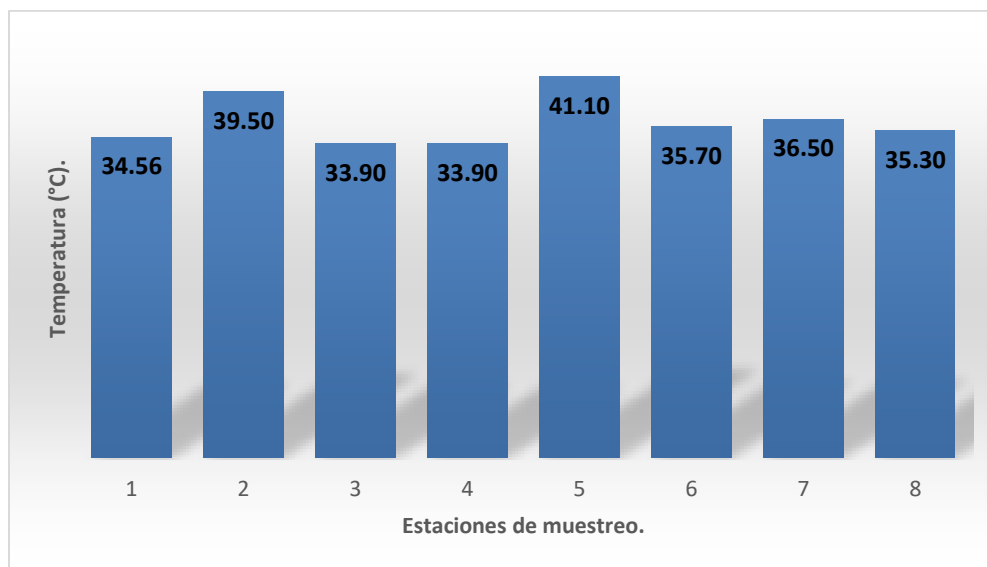
##### 8.1.1.1 Temperatura

Los valores arrojados para este parámetro en particular nos indican que la temperatura en los canales de riego del distrito de riego de repelón presenta o posee una dinámica de comportamiento completamente variada. Tal y como se logra visualizar en el *gráfico 1*, gran parte de los resultados obtenidos oscilan entre un rango de 41,10 - 34,56 °C. Siendo el primer valor mencionado, el correspondiente a la estación N° 5, y el posterior el correspondiente a la estación N° 1. Así mismo, se logra evidenciar que la estación N° 3 y 4, presentan exactamente el mismo valor para este parámetro, y que por su parte la estación N° 1, tiende a reflejar un valor muy similar a estas dos estaciones mencionadas, pero con un margen de diferencia relativamente alto. De igual manera, se logra identificar que la estación N° 8, presenta un valor muy próximo a la estación N° 7, pero de menor valor al correspondiente a la estación N° 6. A nivel general, se puede afirmar que gran parte de las estaciones, a excepción de la estación N° 5, presentan valores que no exceden los 40° C.

Debe resaltarse que los valores mencionados, se encuentran muy por debajo del límite permisible que establece la normativa internacional en el Decreto 1594 de 1984 para este



parámetro en particular, pues el rango de temperatura en un cuerpo de agua debe ser mayor o igual a 40 °C.



*Grafico 8.1. Niveles de Temperatura, Canales de Riego.*

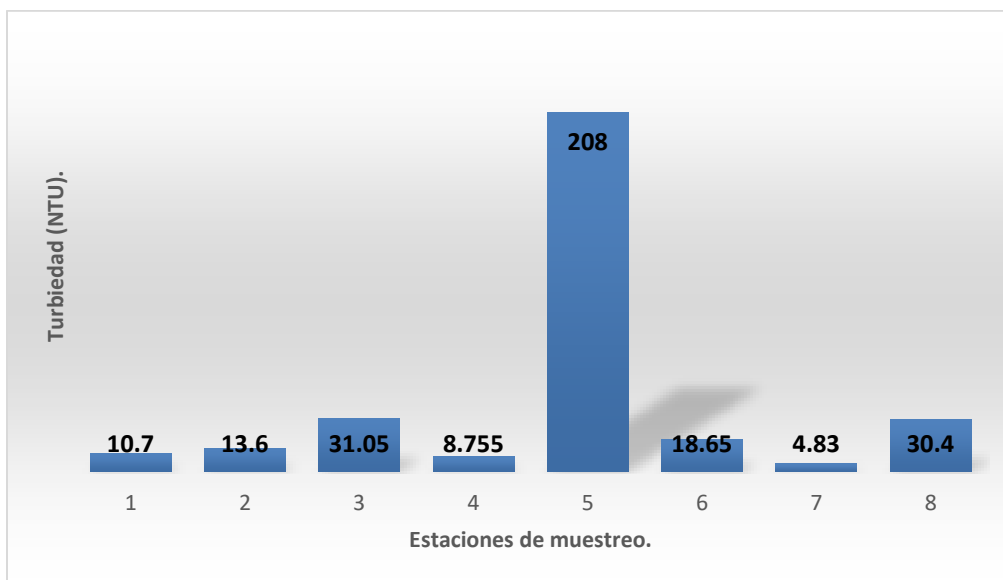
Fuente: R. Ariza, 2017.

### 8.1.1.2 Turbiedad

Se visualiza en la **gráfica 6** que los valores arrojados para el parámetro de la turbiedad oscilan en un rango de 208 - 4,83 NTU. Siendo el primer valor mencionado el correspondiente a la estación N° 5, y el posterior el correspondiente a la estación N° 7. Por su parte, la estación N° 8, presenta o refleja un valor que tiende a ser muy similar al obtenido para la estación N° 3, pero, con un margen de diferencia relativamente bajo.

Por su parte, las otras estaciones no mencionadas (Es decir, las estaciones N° 1, 2, 3, 4, 6, y 8), reflejan valores que no exceden los 50 mg/L. Cabe mencionar, que la normativa

colombiana no establece ningún límite permisible que permita establecer si los niveles de concentración de turbiedad presente en el cuerpo de agua en estudio son los adecuados.



*Gráfico 8.2 Niveles de turbiedad, Canales de Riego.*

*Fuente: Por, R. Ariza, 2017*

### 8.1.1.3 Conductividad

La Conductividad, es la capacidad que posee el agua de conducir la corriente eléctrica. Este parámetro en particular corresponde una medida de carácter indirecto, que tiene como principal objetivo la determinación de la presencia de iones de calcio, cloruro, fosfato, magnesio, nitrato, sodio y sulfato presentes el agua (*C. García Álzate, 2016*)<sup>18</sup>.

<sup>18</sup> **C. García Álzate (2016).** *Embalse del Guajaro: Diagnostico Ambiental y Estrategias de Rehabilitación.*

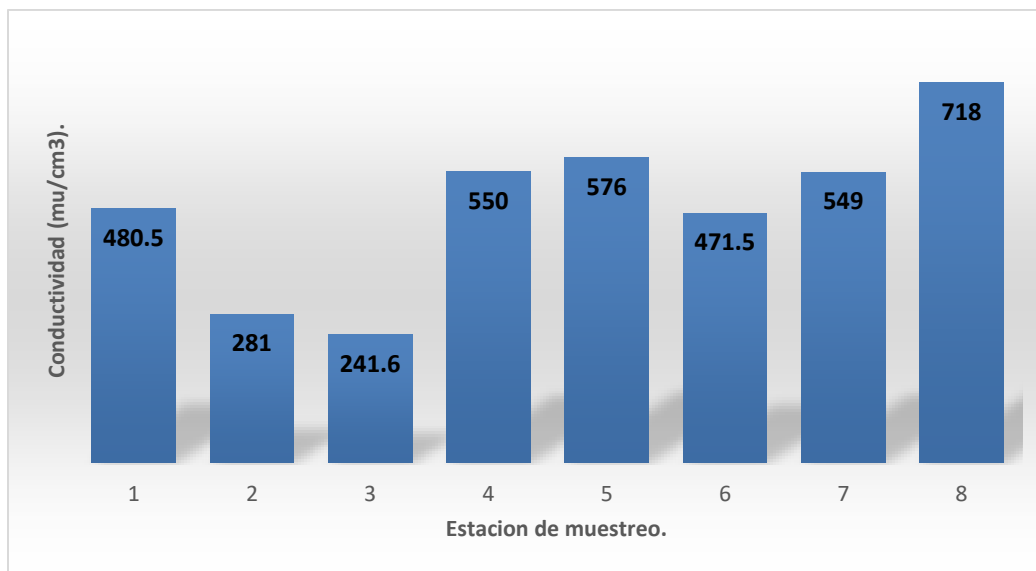
*Cap.5. p.163. [En Línea: Doc. PDF.]. Consultado: abril 9 de 2017. Fuente:*

*repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/bitstream/pdf.*

Es decir, que mediante la medición directa de este parámetro se puede determinar la presencia de metales pesados en el cuerpo de agua en estudio, y con base a los niveles de concentración de los mismos determinar las posibles causas asociadas a la presencia de dichos contaminantes.

Los valores obtenidos para este parámetro en particular, durante la realización del muestreo en cada una de las estaciones seleccionadas nos indican que la estación N° 8 y la N° 5, son las que presentan valores relativamente altos con respecto a las otras estaciones muestreadas. Pues, la primera mencionada le corresponde un valor de  $718 \text{ } \mu\text{u}/\text{cm}^3$ , mientras que a la segunda en cuestión le corresponde un valor de  $576 \text{ } \mu\text{u}/\text{Cm}^3$ . Las otras estaciones no mencionadas (Es decir, las estaciones N° 1, 2, 3, 4,6, y 7), se encuentran en un rango inferior a los  $600 \text{ mg/L}$  como se observa en la **gráfica 5**.

Sin embargo, cabe mencionar que los resultados obtenidos para este parámetro no exceden el límite permisible, contemplado para este parámetro en particular en algunas normativas de carácter internacional, como lo es el caso del estándar de calidad de agua de Perú. Si se tiene en cuenta, que según esta normativa los niveles de concentración de la conductividad deben ser menores o iguales a  $750 \text{ } \mu\text{u}/\text{Cm}$



*Grafico 8.3 Niveles de Conductividad, Canales de Riego*

Fuente: Por, R. Ariza, 2017

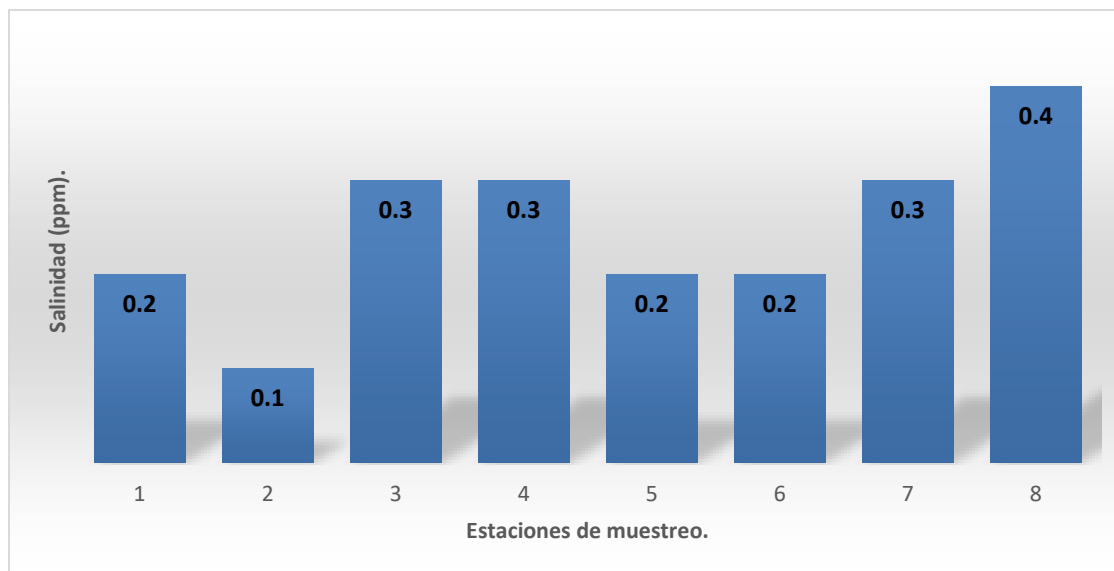
#### 8.1.1.4 Salinidad

Los valores obtenidos para este parámetro en específico indican que estos oscilan entre un rango de 0,4- 0,1 mg/L como se observa en el **gráfico 4**, siendo el primer valor mencionado el correspondiente a la estación N° 8, y el posterior el correspondiente a la estación N°2.

Se logra identificar que la estación N° 5 y 6, presentan o reflejan un valor relativamente similar; de igual manera la estación N° 3, 4, y 7 presentan una dinámica de comportamiento muy parecida a las dos estaciones mencionadas anteriormente. Es decir, el mismo valor, para cada uno de los dos grupos de estaciones mencionados.

Por otra parte, las estaciones no mencionadas, es decir, las estaciones N° 1, y 2 presentan valores que no exceden a los 0,20 ppm.

La normatividad colombiana no establece, ningún límite permisible para este parámetro en específico.



*Grafico 8.4 Niveles de Salinidad, Canales de Riego*

Fuente: Por, R. Ariza, 2017

## 8.1.2 Parámetros químicos

### 8.1.2.1 Potencial de hidrógeno

El Potencial de hidrogeno (pH), está asociado con la concentración de los hidrogeniones  $[H^+]$  en un cuerpo de agua determinado, y de forma adicional está relacionado con los niveles de acidez, basicidad, y alcalinidad que presente dicho cuerpo de agua.

Este parámetro en particular presenta la característica de ser alterable; esto se debe principalmente a las condiciones meteorológicas, y ambientales que primen en el cuerpo de agua en estudios, y de forma adicional al grado de eutrofización y las modificaciones de los sistemas de carbonatos del agua por la producción de  $CO_2$  durante la respiración de los

organismos heterótrofos, o por el consumo de este gas debido a la fotosíntesis de los organismos autotróficos (*García Álzate, et. Al; 2016*)<sup>19</sup>.

Lo anterior nos indica entonces que mediante la medición directa de este parámetro se puede estimar el grado de acidez o basicidad, que posee un cuerpo de agua en específico.

Así, como identificar las posibles causas que favorecen la ocurrencia de esta situación, y los posibles impactos que se pueden ocasionar sobre la composición natural de dicho cuerpo de agua como producto de la variación de las unidades de pH presentes en el mismo.

La dinámica de comportamiento del pH, para las estaciones muestreadas en los canales del Distrito de Riego es variado. Esto muy seguramente obedece a la influencia directa de las condiciones ambientales y climáticas que prevalecen en las zonas o áreas seleccionadas para el establecimiento de estas estaciones.

Como se observa en la *figura 2* cabe mencionar que gran parte de estas estaciones presentan valores de pH que se mantienen en un rango de 6,5 a 8,7 la estación N.º 6, presenta menor valor de pH, y las estaciones N.º 5 y N.º 7, las que presentan valores relativamente elevados.

Según algunas fuentes consultadas, los embalses y las ciénagas de las partes bajas tropicales presentan rangos de pH amplios que van de 5,0 a 9,0 unidades; lo que indica que

---

<sup>19</sup> C. García Álzate (2016). *Embalse del Guajaro: Diagnostico Ambiental y Estrategias de Rehabilitación*.

Cap.5. p.160. [En Línea: Doc. PDF.]. Consultado: abril 9 de 2017. Fuente:

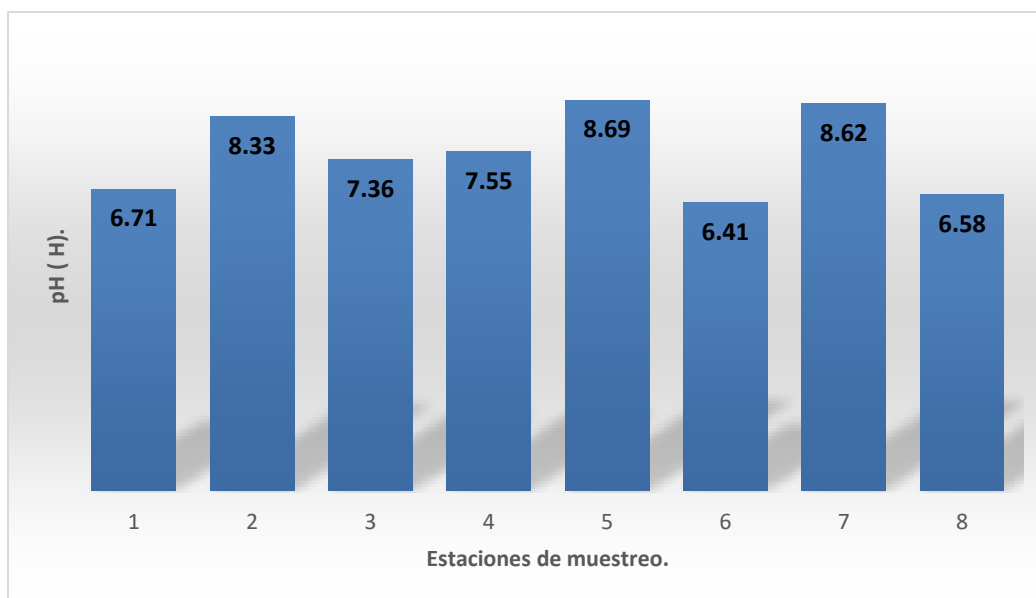
repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/bitstream/pdf.

normalmente estos cuerpos de agua presentan la característica de poseer niveles de pH tendientes a la basicidad (*García Álzate, et. Al; 2016*)<sup>20</sup>.

Con base a lo anterior mencionado se puede afirmar que los diferentes valores arrojados en cada una de estas estaciones para este parámetro en particular no exceden los límites permisibles que establece la normatividad ambiental vigente (**0631 de 2015**). Si se tiene en cuenta que el valor límite permisible para este parámetro, según dicha normativa debe mantenerse en un rango de 6 a 9 unidades. Y tal como se evidencia en el pictograma (Graf.5), los valores obtenidos para este parámetro están muy por debajo de dicho límite permisible.

---

<sup>20</sup> **C. García Álzate (2016).** *Embalse del Guajaro: Diagnostico Ambiental y Estrategias de Rehabilitación.* Cap.5. p.160. [En Línea: Doc. PDF.]. Consultado: abril 9 de 2017. **Fuente:** [repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/bitstream/pdf](http://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/bitstream/pdf).



*Grafico 8.5 Niveles de pH, Canales de Riego.*

Fuente: Por, R. Ariza, 2017

#### 8.1.2.2 Oxígeno disuelto

El oxígeno disuelto es uno de los parámetros in-situ de vital importancia en la realización de estudios de calidad de agua, debido a que mediante la medición directa de este parámetro se puede identificar cual es la dinámica de degradación de la materia orgánica presente el cuerpo de agua en estudio, si se tiene en cuenta que los niveles de oxígeno disuelto son directamente proporcional a la cantidad de microorganismos presentes, para garantizar la degradación de dicha materia orgánica (*J. Montalvo, 2008*)<sup>21</sup>.

<sup>21</sup> **Montalvo (2008).** *Oxígeno disuelto y materia orgánica en cuerpos de aguas interiores del archipiélago de Sabana- Camagüey, Cuba.* [En Línea: Art. PDF.]. Consultado: abril 09 de 2017.

Fuente:/oceanologia.redciencia.cu/articulos45.pdf.



En este sentido se puede afirmar que este parámetro además de garantizar la supervivencia de los organismos que se requieren en cuerpo de agua, para garantizar la degradación de la materia orgánica; resulta de gran transcendentalidad en la relación de los niveles de materia orgánica con las posibles causas que le brindan origen a dicha situación.

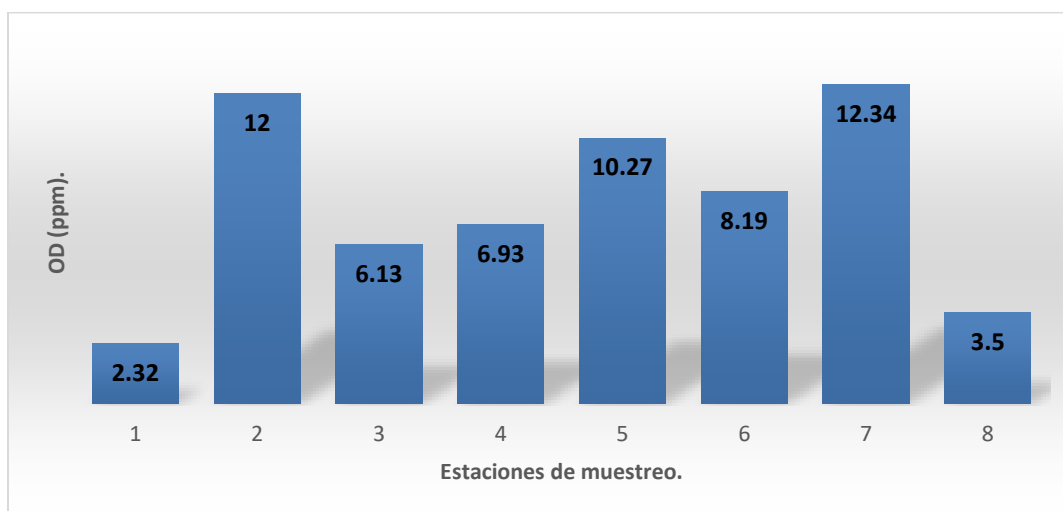
Para este caso en específico, y con base a la información que nos suministra la *figura 3*, se puede afirmar de forma inferencial que los niveles de oxígeno disuelto en cada una de las estaciones muestreadas se mantienen en un rango de 2 – 12 ppm, siendo el primer valor mencionado el de menor ocurrencia pues, solo aplica para la primera estación muestreada; y el segundo valor es el de mayor ocurrencia pues, aplica para dos de las estaciones muestreadas (Estación N. ° 2 y N. ° 7). Lo que indica que las estaciones mencionadas anteriormente, son las que presentan valores elevados para este parámetro en particular.

Con respecto, a las otras estaciones N° 3, 4,5, y 6; presentan valores muy por debajo de la estación N° 2 y 7, pero, muy por encima de la estación N° 1. Sin embargo, la estación N° 5 refleja un valor que está muy tendiente a los 10 - 10,2 ppm, es decir que esta estación presenta una alta concentración de Oxígeno Disuelto (OD), con respecto a las otras estaciones mencionadas anteriormente.

Cabe mencionar que los resultados obtenidos se encuentran muy por encima del valor límite máximo permisible. Si se tiene en cuenta que algunas normativas internacionales, como es el caso del Estándar de calidad de agua de Chile, la cual, establece que la concentración de oxígeno disuelto en un cuerpo de agua debe ser menor o igual a 7.5.

Algunos estudios establecen que la cantidad de oxígeno disuelto necesaria para garantizar la supervivencia organismos degradadores de materia orgánica, debe ser igual o mayor a 4

mg/L (*C. García Álzate, 2016*)<sup>22</sup>, lo que permite afirmar entonces que parte de las estaciones muestreadas cumplen con este condicional, a excepción de la estación N° 1 que posee un valor muy por debajo del mencionado. Es probable, que esta situación obedezca a que esta estación está ubicada en lugar exacto en donde se favorece el intercambio del flujo de agua del embalse del Guajaro a las inmediaciones del distrito de riego de repelón, es posible que esta situación favorezca la ocurrencia de lo anterior mencionado. Sin embargo, no se debe descartar la posibilidad de que esto se presente a causa de la influencia de algunos factores meteorológicos y ambientales, como lo es el caso de la temperatura.



*Grafico 8.6 Niveles de Oxígeno disuelto, Canales de Riego.*

Fuente: Por, R. Ariza, 2017

<sup>22</sup> **C. García Álzate (2016).** *Embalse del Guajaro: Diagnostico Ambiental y Estrategias de Rehabilitación.*

*Cap.5. p.159. [En Línea: Doc. PDF.]. Consultado: abril 9 de 2017. Fuente:*

*repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/bitstream/pdf.*

### 8.1.2.3 Alcalinidad

La alcalinidad es la capacidad que tiene el agua para neutralizar ácidos. Este parámetro incluye la presencia de sustancias básicas en el agua, como en el caso de ácidos y bases fuertes. La alcalinidad en los cuerpos de agua obedece a la presencia de iones de carbonatos y bicarbonatos ( $\text{CO}_3^{2-}$  y  $\text{HCO}_3^-$ ), y por las variaciones que se producen en el pH, las cuales generan reacciones secundarias que pueden alterar el ciclo ecológico de un determinado cuerpo de agua (C. *García Álzate*, 2016)<sup>23</sup>.

Lo que indica que, gracias a este parámetro, se puede determinar la presencia de los iones carbonatos presentes en el cuerpo de agua, y el grado de susceptibilidad del mismo a adquirir la característica de calcáreo.

Los resultados representados en la *figura 7*, permiten inferir que los valores obtenidos para este parámetro en particular para este parámetro en específico se encuentran en un rango de 140 - 128 mg/L, siendo el primer dato mencionado el valor correspondiente para la estación N° 6, y el posterior a este el valor correspondiente para la estación N° 5.

Por su parte, se logra evidenciar que las estaciones N° 7 y N° 4, presentan exactamente el mismo valor para este parámetro en particular.

De forma adicional, se puede agregar que las otras estaciones no mencionadas (Es decir, las estaciones N° 1, 2,3, Y 8), presentan valores que no exceden los 140 mg/L.

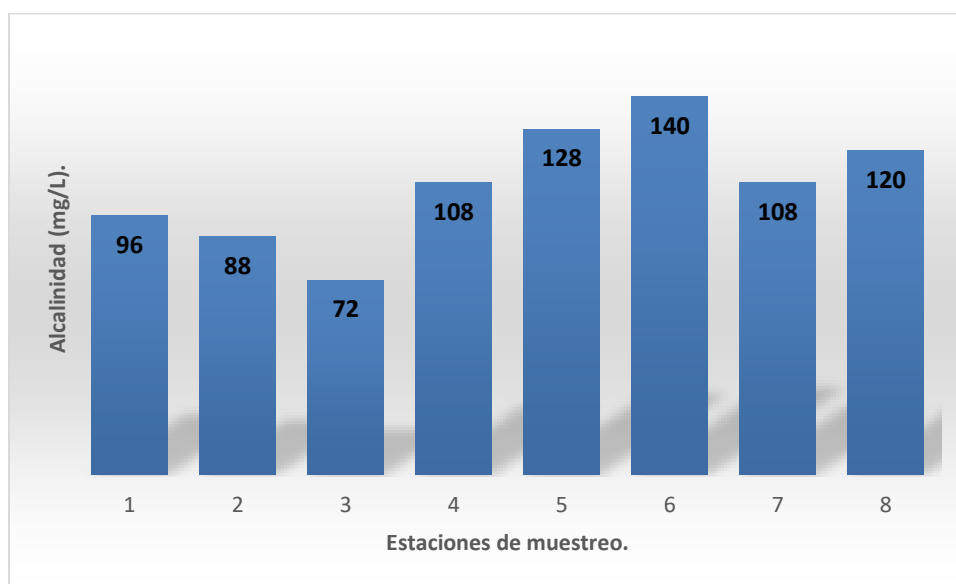
---

<sup>23</sup> C. *García Álzate* (2016). *Embalse del Guajaro: Diagnostico Ambiental y Estrategias de Rehabilitación*.

Cap.5. p.164. [En Línea: Doc. PDF.]. Consultado: abril 9 de 2017. **Fuente:**

repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/bitstream/pdf.

Sin embargo, cabe mencionar que la normativa nacional ambiental vigente, no establece ningún límite permisible para este parámetro en particular.



*Grafico 8.7 Niveles de alcalinidad, Canales de Riego*

Fuente: Por, R. Ariza, 2017

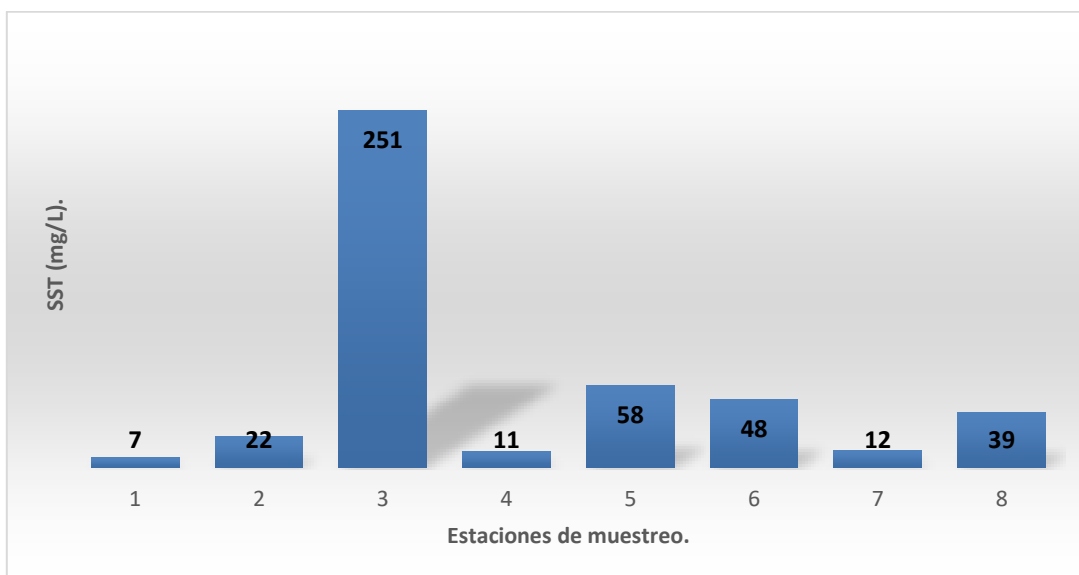
#### 8.1.2.4 Sólidos suspendidos totales

Los Sólidos suspendidos totales, están relacionados o asociados con la materia orgánica presente en el agua, proveniente de procesos aluviales, restos de rocas, arcillas y arenas y similares. Sin embargo, existe la posibilidad de que provengan de deposiciones de aguas residuales, como producto de la erosión del suelo, lo que se asocia con procesos de deforestación (*C. García Álzate, 2016*).

Lo que indica que, gracias a la medición de este parámetro, se pueden estimar las posibles causas que provocan la presencia de material coloidal, y cualquier otro tipo de sedimento en el cuerpo de agua en estudios; así como la determinación de las posibles actividades y/o procesos asociada a la presencia de este material.

Los resultados representados en la **gráfica 8**, para los Solidos suspendidos totales corresponden a valores que oscilan en un rango de 7- 251 mg/L, siendo el primer valor mencionado el correspondiente a la estación N° 1 y el posterior el correspondiente a la estación N° 3. Por su parte las otras estaciones no mencionadas (Es decir, la estación N° 2, 4, 5, 6,7, Y 8), presentan valores que oscilan entre un rango de 58-11 mg/l. Es decir que los valores correspondientes para estación en particular no exceden los 100 mg/l.

Sin embargo, la normativa ambiental vigente establece un límite permisible de 150 mg/l para este parámetro en específico, lo que permite afirmar que solo la estación N° 3 incumple este condicional, pues las otras estaciones comprenden valores que están muy por debajo de dicho límite permisible.



*Gráfico 8.8 Niveles de Solidos Suspendidos Totales (SST), Canales de Riego*

Fuente: Por, R. Ariza, 2017

### 8.1.3 Parámetros biológicos

#### 8.1.3.1 Demanda química de oxígeno

La Demanda química de oxígeno, por su parte es un parámetro analítico de contaminación que tiene como objetivo principal determinar el contenido de materia orgánica en una muestra determinada de agua mediante el uso de un proceso oxidación química. Este parámetro en particular permite determinar los principales residuos o desechos que se encuentran disueltos en un cuerpo de agua, como producto de la recepción continua de descargas de vertimientos líquidos provenientes del desarrollo de actividades industriales, o en su defecto domésticas.

Lo que indica que gracias a este parámetro es posible determinar los principales desechos químicos presentes o disueltos en el cuerpo de agua, así como las posibles causas asociadas a la presencia de dichos desechos. Los cuales normalmente, para este caso en particular obedecen a residuos o sustancias derivadas del metabolismo de algunos organismos, como proteínas, lípidos, hormonas, pigmentos, etc.; o en otros casos sustancias provenientes de procesos de escorrentías, como es el caso de ácidos húmicos (*C. García Álzate, 2016*)<sup>24</sup>.

La dinámica de comportamiento de este parámetro en particular para cada una de las estaciones muestreadas es completamente variada. Tal y como se ilustra en la **figura 10**, los valores se encuentran ubicados en un rango de 180-220 mg/l. Siendo el primer resultado el valor correspondiente a la estación N° 1, y el posterior el valor correspondiente a la

---

<sup>24</sup> **C. García Álzate (2016).** *Embalse del Guajaro: Diagnostico Ambiental y Estrategias de Rehabilitación.*

*Cap.5. p.162. [En Línea: Doc. PDF.]. Consultado: abril 9 de 2017. Fuente:*

*repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/bitstream/pdf.*

estación N° 5. Los cuales, se convierten en los valores de mayor significancia, pues ambos representan el menor y mayor valor obtenido para este parámetro en particular en cada una de las estaciones muestreadas.

Sin embargo, se logra identificar que la estación N° 3 presenta un comportamiento muy similar y tendiente a adquirir un valor muy cercano al que le corresponde a la estación N° 5. Por su parte, las estaciones N° 4 y 6, presentan exactamente el mismo valor de concentración para este parámetro, mientras que las estaciones N° 2, 7, 8 valores no muy por encima de los 200 mg/l, pero muy tendientes o cercanos a los 170-190 mg/l.

A pesar de lo anterior mencionado, resulta valido traer a colación que la normatividad ambiental vigente (**0631 de 2015**), establece que el límite permisible es 500 mg/L, lo que indica que las estaciones muestreadas se encuentran dentro del rango permisible establecido por dicha normativa, pues, no existe ningún valor que incumpla esta condición.

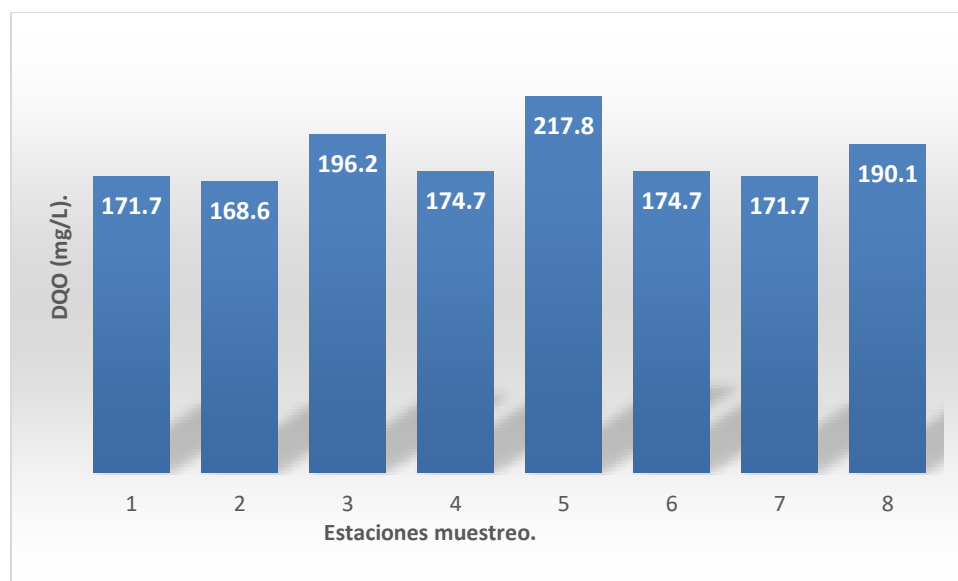


Grafico 8.9 Niveles de Concentración de la Demanda Química de Oxígeno (DQO), Canales de Riego.

Fuente: Por, R. Ariza, 2017

### 8.1.3.2 Demanda bioquímica de oxígeno

La Demanda biológica de oxígeno, al igual que el oxígeno es uno de los parámetros de mayor transcendentalidad en la realización de estudios de calidad del agua, pues, mediante la medición directa de este se puede estimar y determinar los niveles de concentración de oxígeno usado por los microorganismos para degradar y estabilizar la materia orgánica biodegradable o la materia orgánica carbonacea en condiciones de presencia de oxígeno. Sin mencionar que la  $DBO_5$ , como metodología de análisis permite estimar la tasa de consumo de oxígeno en función del tiempo y determina la forma aproximada y la cantidad requerida de oxígeno para la estabilización biológica de la materia orgánica presente (C. *García Álzate, 2016*)<sup>25</sup>.

En este orden consecutivo de ideas se podría mencionar entonces que mediante la medición directa de los niveles de concentración de la Demanda Biológica de Oxígeno presente en el agua, se puede determinar la cantidad de materia orgánica que se encuentra susceptible de ser degradada en el cuerpo de agua por parte de los organismos presentes en el mismo, en función del tiempo y los niveles de oxígeno que prevalezcan en el mismo.

Lo anterior mencionado, permite suponer que entre la Demanda Biológica de Oxígeno y el Oxígeno disuelto existe una relación directamente proporcional, debido a que a medida que aumenten los niveles de oxígeno disueltos presentes en el agua, aumentaran de forma consecucional el número de organismos necesarios para la degradación y estabilización de la materia orgánica.

---

<sup>25</sup> C. **García Álzate (2016)**. *Embalse del Guajaro: Diagnostico Ambiental y Estrategias de Rehabilitación*.

Cap.5. p.161. [En Línea: Doc. PDF.]. Consultado: abril 9 de 2017. **Fuente:**

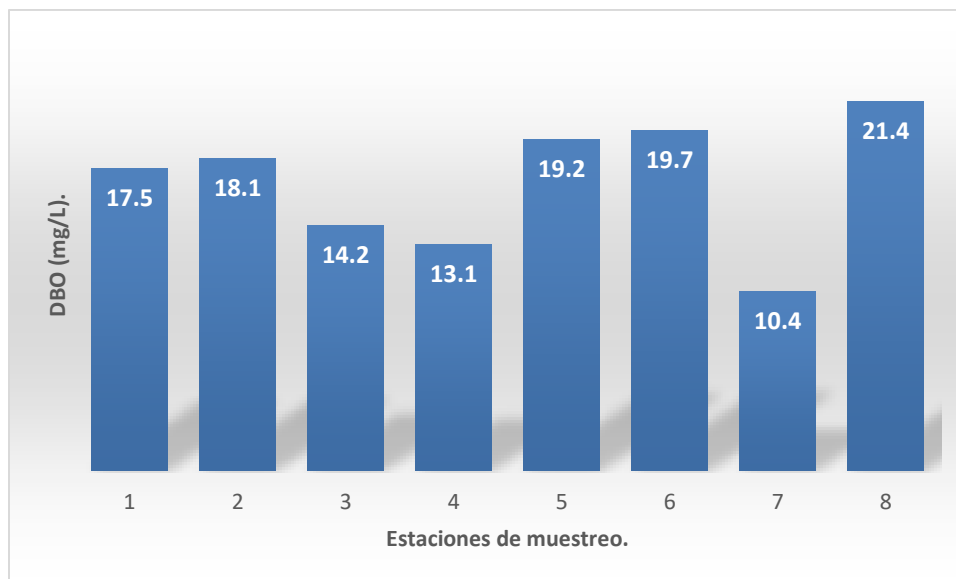
repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/bitstream/pdf.



Al visualizar de manera inferencial la **gráfica 9** que comprende los datos arrojados y medidos para este parámetro en particular, se puede identificar que los valores de la Demanda Bioquímica de Oxígeno oscilan en un rango aproximado de 15,5 – 20,2 mg/L. Siendo el primer valor mencionado el correspondiente para a estación N° 1 y el posterior el equivalente de la estación N° 8, y el más elevado dentro de los resultados obtenido. Puesto, que las otras estaciones muestreadas no mencionadas (es decir, las estaciones que se extienden de la N° 2 a la 7), presentan valores que no exceden los 20m mg/L.

Sin embargo, cabe mencionar que la estación N° 7, es la que presenta el rango de menor valor de toda la serie de valores arrojados durante la medición, lo cual puede obedecer a las condiciones climáticas o ambientales que prevalecen en la zona en estudio.

Al realizar el respectivo comparativo de estos resultados, con el límite permisible que establece la normatividad ambiental vigente: Resolución 0631 de 2015, la cual establece el valor permisible que deben poseer los vertimientos generados por las actividades que se realizan en este punto en específico (Ganadería), antes de ser vertido en el cuerpo de agua receptor. Se puede afirmar, que los valores arrojados no exceden el límite máximo permisible establecido por dicha normativo, pues el valor establecido es igual o superior a 250 mg/l, y tal como se evidencia en el grafico no existe ningún valor por encima del mencionado.



*Grafico 8.10 Niveles de concentración de la Demanda Bioquímica de Oxígeno, Canales de Riego.*

Fuente: Por, R. Ariza, 2017

## 8.1.4 Nutrientes

### 8.1.4.1 Fosfato

La presencia de este parámetro en particular, en los cuerpos de agua se encuentra limitada por los niveles de concentración de fosforo y oxigeno presentes en el mismo.

Aunque este compuesto en particular es necesario, para garantizar y facilitar las condiciones ecológicas normales de los cuerpos de agua; su presencia excesiva tiende a provocar el desarrollo de procesos de eutrofización, que de una u otra manera alteran la composición natural del cuerpo de agua, de influencia directa.

Es importante resaltar que algunos procesos naturales, como es el caso de la mineralización de los fosfatos del suelo, la hidrolisis de drenajes o escorrentías naturales que posean o presenten vertidos productos industriales como detergentes, y las descargas continuas de aguas residuales domésticas y no domesticas generan en gran parte un gran aporte de

fosfatos a los cuerpos de agua superficiales en los que se presente influencia directa de los procesos mencionados anteriormente<sup>26</sup>.

En este sentido se puede afirmar, entonces que los fosfatos se convierten en un parámetro de referencia al momento de realizar un estudio de calidad de agua, en cuanto a lo que respecta a la determinación de los niveles de carga orgánica presente en el cuerpo de agua, así como la identificación de las posibles causas que ocasionan o provocan los procesos de eutrofización.

Los valores arrojados para este parámetro en particular oscilan entre un rango de 3,1- 0,115 mg/L. Siendo el primer valor mencionado el correspondiente a la estación N°5, y el posterior el correspondiente a la estación N° 7.

Se logra evidenciar que la estación N°6, es el tercer valor de mayor significancia para este caso en particular, lo cual, evidentemente se observa en la *gráfica 11* que resume los valores obtenidos para el parámetro en estudio. Sin embargo, este valor no excede los 0,5 mg/l, a pesar de poseer, aparentemente un valor relativamente elevado con respecto a las otras estaciones no mencionada.

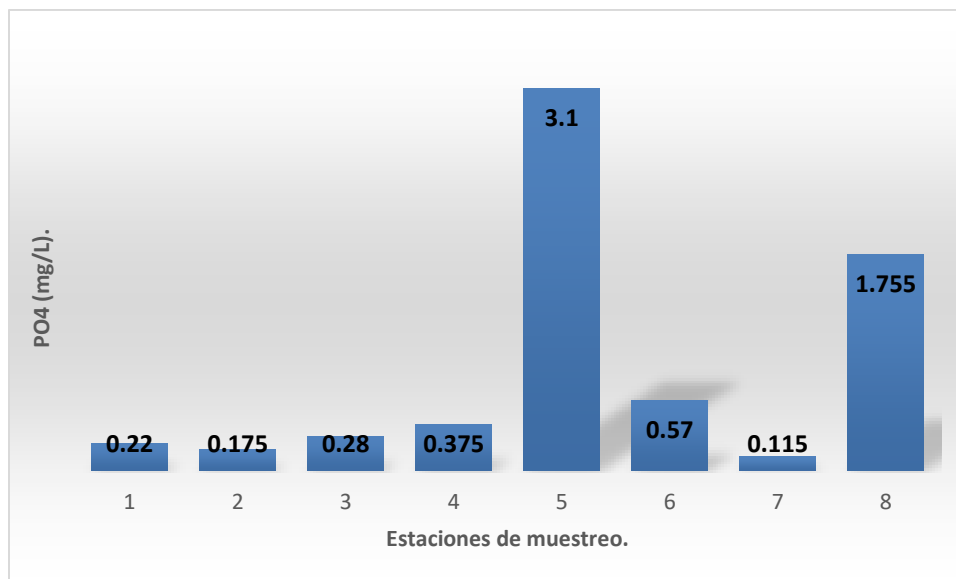
Por su parte la estaciones N° 1, 2, 3, 4, y 7, presentan valores relativamente bajos con respecto a las estaciones mencionadas anteriormente. Sin embargo, estos valores no superan los 0,5 mg/L.

Sin embargo, no existe ningún referente normativo a nivel nacional que permite constatar que estos resultados se encuentran dentro de los límites permisibles y normales que se deben cumplir para este parámetro en particular.

---

<sup>26</sup> **INVEMAR.** *Definición de Fosfatos.* Pag. 19. (En Línea). Documento PDF. Fuente:

<http://www.invemar.org.co>.



*Grafico 8.11 Niveles de Concentración de Fosfatos (PO<sub>4</sub>), Canales de Riego.*

Fuente: Por, R. Ariza, 2017

#### 8.1.4.2 Nutrientes (Nitritos y nitratos).

La determinación de los niveles de nutrientes en el agua, tal y como es el caso de los nitritos y nitratos permiten determinar la cantidad de materia orgánica susceptible de ocasionar la ocurrencia de procesos de eutrofización; a causa de la presencia excesiva de este tipo de aniones (*R. Sierra Ordoñez, 2010*)<sup>27</sup>.

Lo que indica que, gracias a la medición de estos dos parámetros en particular, se puede determinar las posibles causas que ocasionar la eutrofización de los distintos cuerpos de aguas, y así mismo las posibles estrategias para prevenir la ocurrencia de dicha situación. Teniendo en cuenta, que debido a los procesos de eutrofización se altera la composición natural de los cuerpos de agua.

<sup>27</sup> **R. Sierra Ordoñez (2010).** Eutrofización de Embalses: Descripción, Prevención Y Manejo. [En Línea: Artículo PDF.]. Consultado: abril 9 de 2017. Fuente:

<http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/7494/2/136071.pdf>.

Los valores arrojados para el parámetro de Nitritos permiten afirmar que en los canales de riego del municipio de Repelon-Atlantico, no existe presencia de este tipo de aniones en particular como se observa en la **gráfica 12**. Sin embargo, resulta importante aclarar que existe la posibilidad que parte de los valores obtenidos tiendan a cero, y quizás por esa razón no logran visualizarse de manera clara en el pictograma que describe la dinámica de comportamiento de este parámetro en cada una de las estaciones muestreadas.

Por su parte, y de manera contraria a lo anterior mencionado se logra identificar que los valores obtenidos para el parámetro de nitrato que se visualizan en la **gráfica 13** oscilan entre un rango de 1,4 – 0,92 mg/l, siendo el primer valor mencionado el correspondiente para la estación N° 5, y el posterior el correspondiente a la estación N° 3.

Así mismo, es evidente que la estación N° 6 y N° 7, presentan valores relativamente similares, pero con un margen de diferencia muy mínimo.

Las otras estaciones no mencionadas (Es decir, la estaciones N° 1, 2, 4, y 8), presentan valores que no exceden a los 1,5 mg/L.

Sin embargo, y con base a lo anterior mencionado se puede afirmar que los resultados obtenidos se encuentran muy por encima del valor permisible de concentración de nitritos y nitratos en cuerpos de aguas superficiales. Si se tiene en cuenta que algunas normativas internacionales, como lo es el caso de la normativa chilena, la cual se encuentra estandarizada y parametrizada bajo estándares establecidos por la FAO. Establece que el límite permisible de concentración de nitritos y nitratos en el agua debe ser menor o igual 0.06 mg/L<sup>28</sup>.

---

<sup>28</sup> Estándares de Calidad Ambiental del Agua. Límite Permisible de Nitritos y Nitratos (Chile). (En Línea).

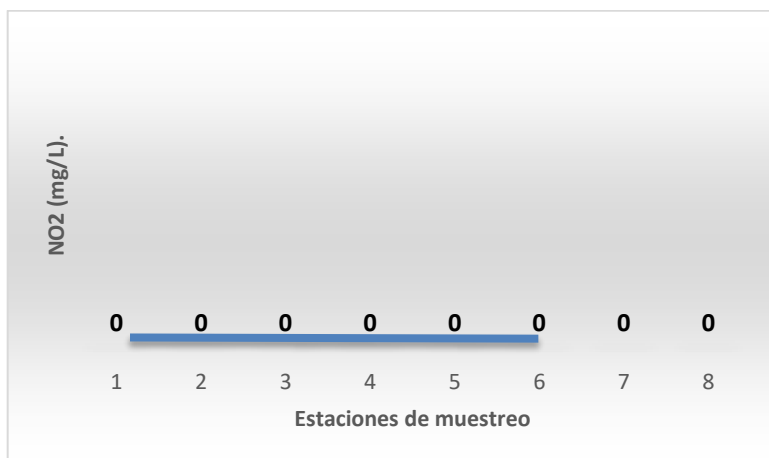


Grafico 8.12 Niveles de Concentración de Nitritos (NO<sub>2</sub>), Canales de Riego

Fuente: Por, R. Ariza, 2017

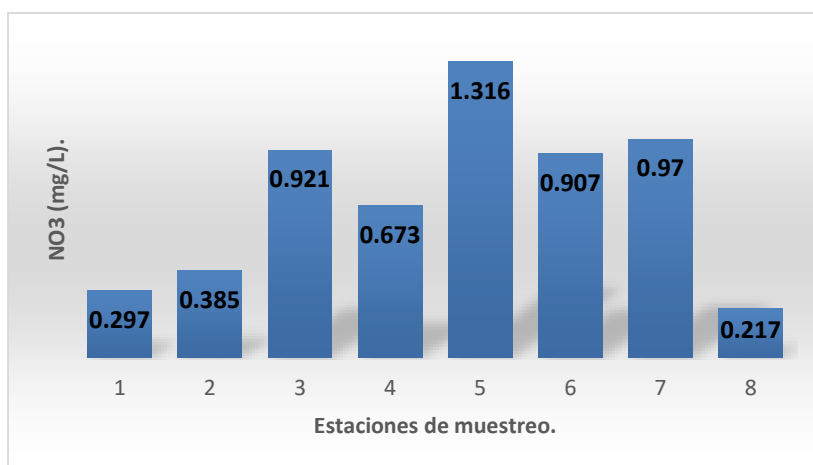


Grafico 8.13 Niveles de Concentración de Nitrato (NO<sub>3</sub>), Canales de Riego.

Fuente: Por, R. Ariza, 2017

#### 8.1.4.3 Sulfato

La dinámica de comportamiento del parámetro de sulfato es completamente variada. Tal y como se logra evidenciar en la **gráfica 14** que resume los resultados obtenidos para este parámetro en particular, se identifica que los resultados obtenidos oscilan en un rango de

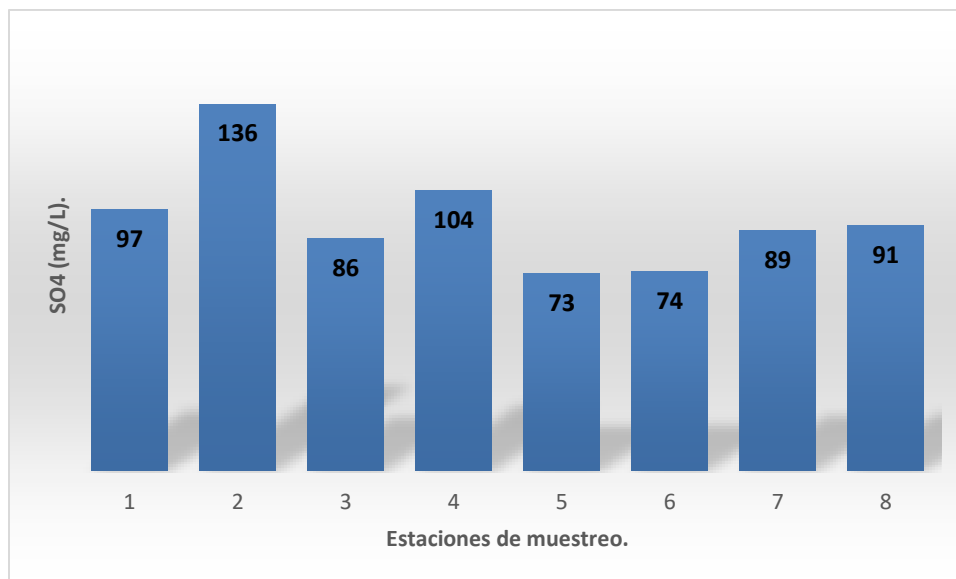
136-74 mg/L. Siendo el primer valor mencionado el correspondiente a la estación N° 2, y el posterior el correspondiente a la estación N° 6.

Por su parte se logra identificar que la estación N° 5 y 6, presentan o reflejan exactamente el mismo valor para este parámetro en particular; y que la estación N° 7 presenta un valor que tiende a ser similar al obtenido para la estación N° 8, pero con un margen de diferencia relativamente bajo.

Se logra evidenciar que la estación N° 4, presenta un valor relativamente alto con respecto a las estaciones N° 1, 3, 6, 7, y 8. Sin embargo, este valor está muy por debajo del correspondiente a la estación N° 6.

Las otras estaciones no mencionadas, es decir, la estación N° 1, 3, 7 y 8 presentan valores que no exceden los 100 mg/L.

Sin embargo, y con base a lo anterior mencionado se puede resaltar que los resultados obtenidos en cada una de las estaciones muestreadas se encuentran muy por debajo de los niveles de concentración máximos permitidos para los sulfatos en cuerpos de agua. Si se tiene, en cuenta que algunas normativas internacionales, como lo es el caso de la chilena, la cual se encuentra estandarizada y parametrizada bajo los estándares de la FAO. Establece que el límite permisible de concentración de sulfatos en el agua debe ser menor o igual 150 mg/l.



*Grafico 8.14 Niveles de Concentración de Sulfatos (SO<sub>4</sub>), Canales de Riego*

Fuente: Por, R. Ariza, 2017

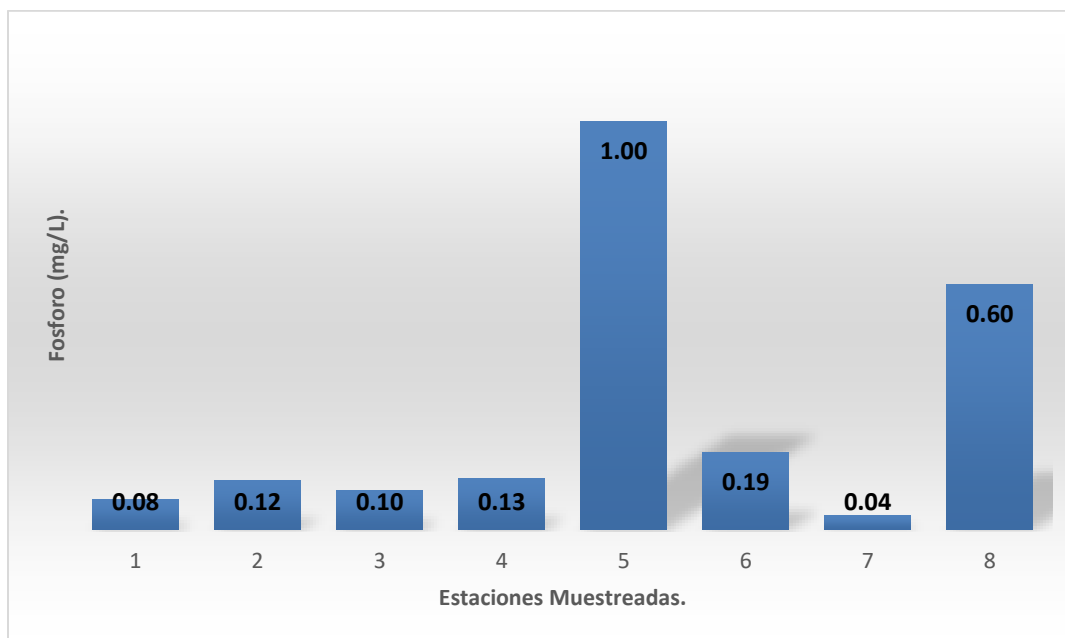
#### 8.1.4.4 Fosforo

La dinámica de comportamiento del fosforo, en los canales de riego del distrito de riego de Repelón, es completamente variado tal y como se logra evidenciar en la **gráfica 17** que resume los resultados obtenidos para este parámetro en particular. Se logra evidenciar, que gran parte de los resultados obtenidos oscilan entre un rango de 1 - 0,04 mg/l. Siendo el primer valor mencionado, el correspondiente a la estación N° 5, y el posterior el correspondiente a la estación N° 7.

Por su parte, se logra identificar que la estación N° 8, al igual que la estación N° 5, son las estaciones que presentan valores de mayor significancia para este parámetro. Puesto, que son valores relativamente elevados, es decir, valores muy por encima de 0,50 mg/l.



Así mismo, se logra evidenciar que las otras estaciones no mencionadas (Es decir, las estaciones N° 1, 2, 3, 4, 6, y 7), presentan valores que no exceden 0,20 mg/L.



*Grafico 8.15 Niveles de concentración de Fosforo, Canales de Riego*

Fuente: Por, R. Ariza, 2017

### 8.1.5 Parámetros microbiológicos:

#### 8.1.5.1 Coliformes totales y Coliformes fecales

Las coliformes fecales y totales, son consideradas como indicadores de calidad microbiana, y resultan de vital importancia en la determinación de los niveles de contaminación en el cuerpo de agua, por la presencia de materia fecal o cualquier otro tipo de materia orgánica (E. Carrillo Zapata, 2008)<sup>29</sup>.

<sup>29</sup> E. Carrillo Zapata (2008). Validación del método de detección de coliformes fecales y totales mediante la utilización de Agar Chromulcot. [En Línea: Artículo PDF]. Consultado: abril 9 de 2017. Fuente: <http://www.javeriana.edu.co/.pdf>.

Es decir que este parámetro en particular permite determinar los niveles de contaminación en el cuerpo de agua, debido a la presencia excesiva de materia orgánica.

Con respecto a los resultados arrojados para el parámetro de coliformes totales que se evidencian en el **gráfico 15**, se podría afirmar que los valores obtenidos se mantienen en un rango de 160000-24000 (NMP/100ml), siendo el primer valor el correspondiente a la estación N° 3, y el segundo en mención a la estación N° 6. Por su parte, la estación N° 7, presenta un valor que está muy tendiente o similar al arrojado para la estación N° 6, sin embargo, el rango de diferencia es relativamente alto.

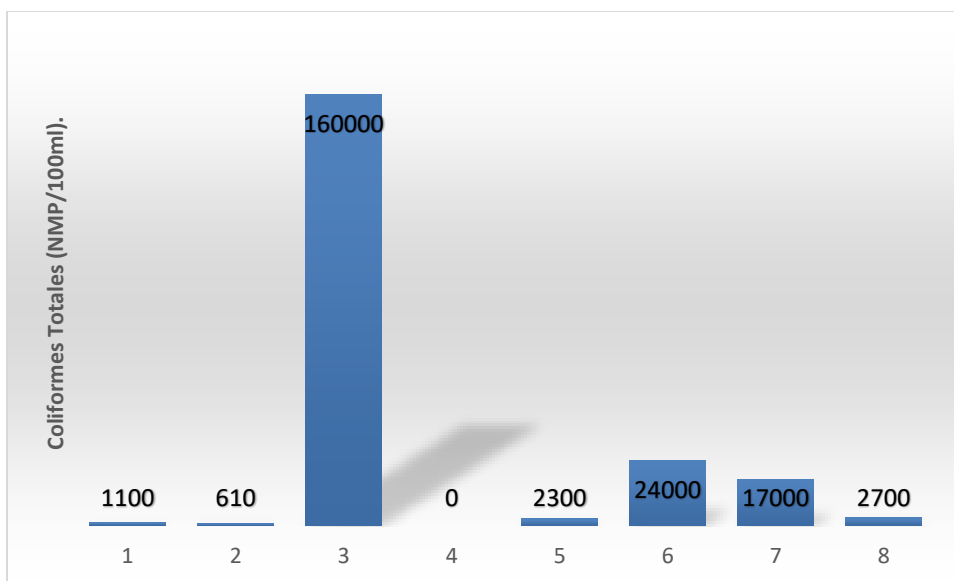
Así mismo, resulta valido mencionar que la estación N° 4, fue la estación que presente el valor más bajo, tal y como se logra evidenciar en el pictograma. Esto obedece a que es un valor relativamente inferior a los mencionados, muy tendiente a cero (0).

Las otras estaciones no mencionadas (Es decir, la estación N° 1,2, 5 y 8), presentan valores que oscilan entre el rango de los 1100 a los 2300 NMP/100ml.

Para el caso de los coliformes fecales, se logra evidenciar en la **gráfica 16** que los valores varían en un rango de 28000-17000 NMP/100ml, siendo el primer valor el correspondiente para la estación N° 3, y el segundo mencionado a la estación N° 7.

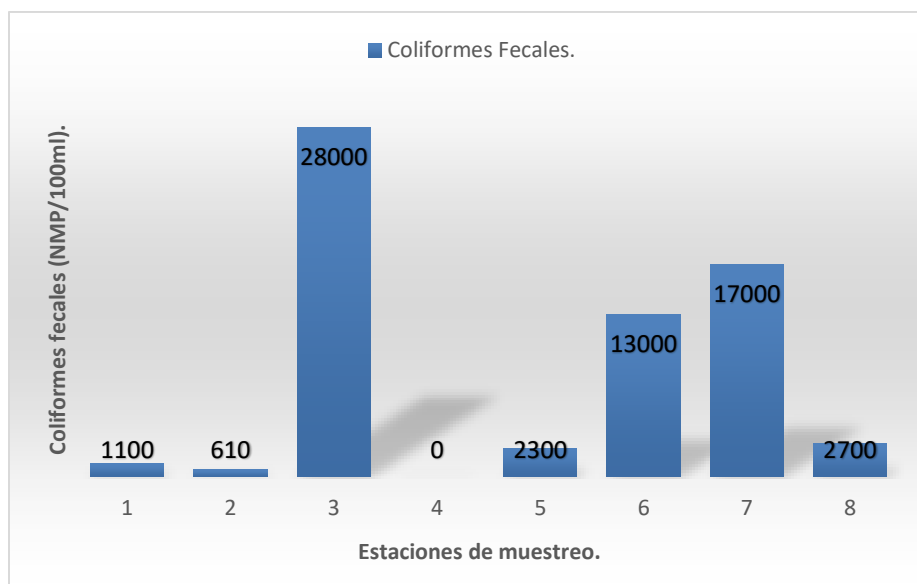
De igual forma, se puede identificar que la estación N° 6, es la tercera estación que presenta mayor valor para este parámetro en específico, y que por su parte la estación N° 4, presenta una dinámica de comportamiento muy similar al correspondiente a esta misma estación para el parámetro de coliformes fecales, pues posee un valor tendiente a cero. Las otras estaciones no mencionadas (Es decir, la estación 1,2, 5, y 8), presentan valores que no exceden los 15 000 NMP/100ml.

Con base a los resultados obtenidos para los parámetros de coliformes fecales y totales, se puede afirmar que los resultados se encuentran muy por encima del límite establecido por el estándar de calidad de agua de Chile. Si se tiene en cuenta que el límite permisible que contempla esta normativa es de 5000 NPM/100 ml.



*Grafico 8.16 Niveles de concentración de Coliformes Totales, Canales de Riego.*

Fuente: Por, R. Ariza, 2017



*Grafico 8.17 Niveles de Concentración de Coliformes Fecales, Canales de Riego.*

Fuente: Por, R. Ariza, 2017

## 8.1.6 Relación de parámetros

### 8.1.6.1 Relación DBO/OD.

Tal y como se mencionó anteriormente, la medición del parámetro de Oxígeno Disuelto resulta de vital importancia en la realización de estudios de calidad de agua, ya que mediante este parámetro se puede determinar e identificar cual es la dinámica de degradación de la materia orgánica por parte de los organismos presentes en el cuerpo de agua en estudio.

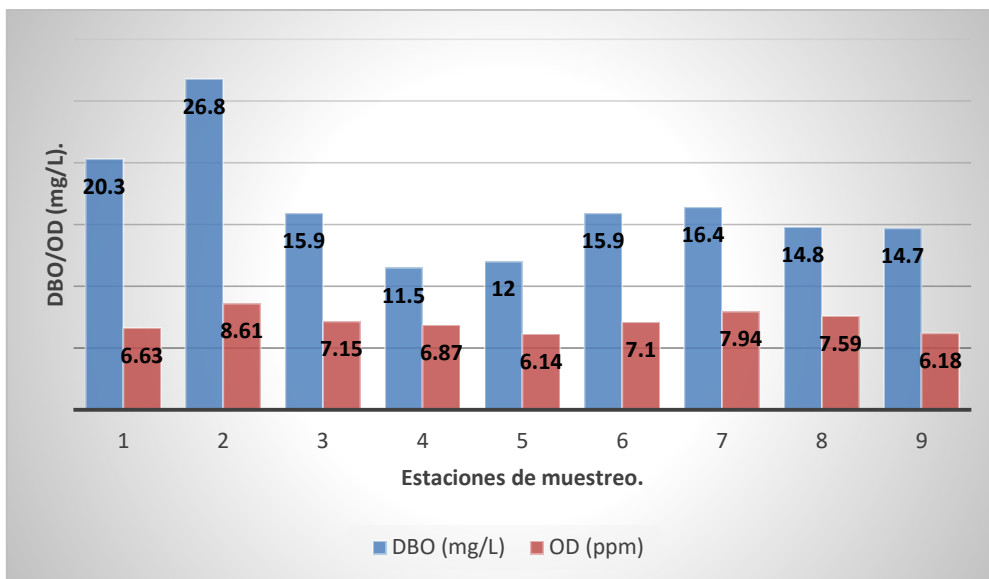
Por su parte la Demanda Biológica de Oxígeno, indica lo niveles de concentración de oxígeno usado por los microorganismos para degradar y estabilizar la materia orgánica biodegradable o la materia orgánica carbonacea en condiciones de presencia de oxígeno (C. *García Álzate, 2016*).

Lo anterior indica entonces que existe una correlación, entre estos dos parámetros en específico, y que a su vez mediante la medición directa de estos se puede determinar los niveles de concentración de materia orgánica presentes en el cuerpo de agua en estudio.

A partir de lo anterior mencionado, y con base a la información que presenta el **gráfico 18**, se puede afirmar que los niveles de concentración de materia orgánica para cada una de las estaciones muestreadas en los canales de riego del Municipio de Repelón son relativamente elevados en comparación a los niveles de Oxígeno Disuelto que poseen cada una de estas estaciones.

Esto indica entonces, que esas altas tasas de materia orgánica en cada una de las estaciones muestreadas se deben no solo al desarrollo del conjunto de actividades antropogénicas (de carácter: Domestica, e industriales), que se realicen en la zona o área de estudio, sino que también esto a su vez obedece a los bajos niveles de oxígeno disueltos que se obtuvieron al muestrear en cada una de las estaciones seleccionadas en los canales del distrito de riego del municipio de Repelon-Atlantico.

En este orden de ideas, se puede afirmar de manera consecencial con base a lo anterior mencionado, que esta situación puede estar alterando o promoviendo el aumento exponencial de los coliformes fecales y totales presentes en lugar en mención. Si se tiene en cuenta que debido a los bajos niveles de oxígeno disuelto no existe ningún medio o método biológico que facilite la reducción de la materia orgánica presente en el cuerpo de agua.



*Grafico 8.18 Relación DBO/OD.*

Fuente: Por, R. Ariza, 2017

## 8.2 Embalse del Guajaro

Para la interpretación de los resultados obtenidos en el Embalse del Guajaro, se realizó interpolación en el programa Surfer versión 11.0, en las proyecciones UTM, Datum WGS 1984 18N. Para ello fue necesario la delimitación del Embalse por medio del programa Google Earth, expresando la longitud, latitud y altitud del Embalse, estos datos fueron exportados al programa 3D Route Builder en formato XYZ, luego dichas coordenadas geográficas se convirtieron en coordenadas Magna- Sirgas utilizando el programa Franson Coordtrans v2.3.

### 8.2.1 Parámetros físicos

#### 8.2.1.1 Temperatura

El comportamiento de la temperatura, para las estaciones muestreadas en el Embalse del Guajaro, presentan ciertas variaciones. Es importante tener en cuenta las condiciones climatológicas y ambientales de la zona que conllevaron a obtener este resultado. Se observa que las zonas con las temperaturas más elevadas son desde el centro hacia el sur del cuerpo de agua. Sumado a esto los intervalos de tiempo de recolección de muestras son fundamentales para determinar la temperatura.

Los máximos valores de temperatura se presentan en la zona centro - sur del embalse como se refleja en la **figura 6**, específicamente en la estación de muestreo con mayor temperatura es la N° 6 con valores de 34.7 °C, seguida de las estaciones N° 5 y 8 con valor de 34.4 °C en ambas estaciones contrario a esto la estación de muestreo con menor temperatura es la N° 2 con 31.2 °C, seguidas por las estaciones N.º 1 y 2 con valores de 32.3 y 31.2 respectivamente.

De acuerdo con estudios realizados en años anteriores, la variación de temperatura es notoria, puesto que según **(Quintero, 2009)<sup>30</sup>**, la variable temperatura arrojaba resultados menores ya que para el año 2009 se encuentra en un promedio de 29-36 °C y la temperatura media anual es de 26 °C. Con medidas máximas registradas de 29.9°C y mínimas de 25°C, entre octubre y noviembre. La climatología del departamento varía entre periodos de grandes lluvias y sequías.

De acuerdo con la normatividad ambiental y el uso del agua por actividad **(Decreto 1594 de 1984)**, se puede determinar que los niveles de temperatura que presentan las estaciones del Embalse del Guajaro cumplen con la normatividad y no exceden los valores límites permisibles.

Haciendo relación de los datos con la normatividad mexicana, es importante resaltar que, de acuerdo con los resultados obtenidos en el cuerpo de agua estudiado, cada uno de los resultados obtenidos que corresponder a este parámetro cumple con lo establecido, ya que su valor máximo permisible es de 40°C.

---

<sup>30</sup> **Quintero (2009)**. *Determinar la capacidad de carga del Embalse del Guajaro, como condición especial para decidir la viabilidad ambiental de cultivos de peces en jaulas y establecer las zonas donde se pueden desarrollar esta actividad*. Pág. 9. [**En Línea:** Doc. PDF.]. Consultado: abril 13 de 2017. **Fuente:** [www.unilibre.edu.co/revistaingenioliberal/revista-13/determinar-la-capacidad-de-carga-del-embalse-del-guajaro-como-condicion-especial-para-decidir-la%20vi-se-puede-desarrollar-esta-actividad.pdf](http://www.unilibre.edu.co/revistaingenioliberal/revista-13/determinar-la-capacidad-de-carga-del-embalse-del-guajaro-como-condicion-especial-para-decidir-la%20vi-se-puede-desarrollar-esta-actividad.pdf)



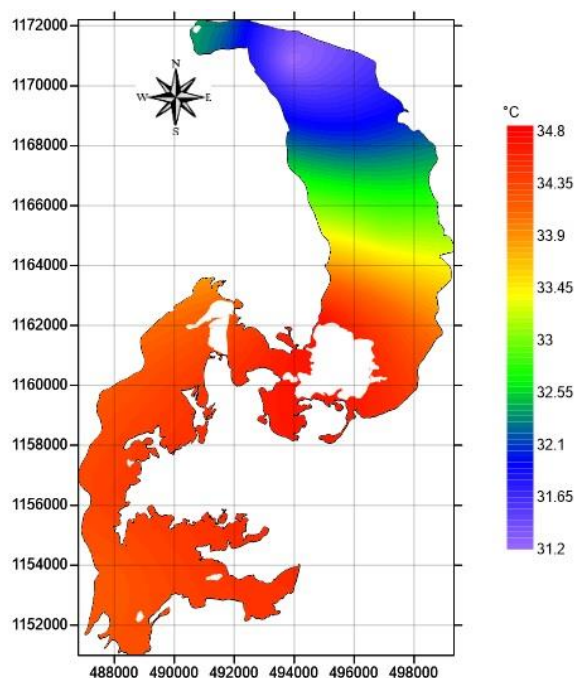


Figura 8.1 Resultados Temperatura; Época seca.

Fuente: A. Avendaño, 2017

### 8.2.1.2 Turbiedad

La presencia de sólidos en suspensión es uno de los principales factores en las cuales se demuestra que la turbiedad es relativamente alta en el cuerpo de agua. Los sólidos en suspensión pueden ser desde materia orgánica, fitoplancton, limo, arcilla, entre otros. Muchos también están relacionados con la descarga de efluentes dando como resultado la ausencia de la transparencia del agua. (Cattaneo, Lopez, 2013)<sup>31</sup>.

De acuerdo con los resultados obtenidos, se observa en la **figura 11** que en el Embalse del Guajaro en época de sequía presento una turbiedad en un rango de 15 a 90 UNT. El

<sup>31</sup> **Cattaneo, López (2013)**. Evolución de la calidad del agua de la cuenca Matanza-Riachuelo. Pág. 258 /**En**

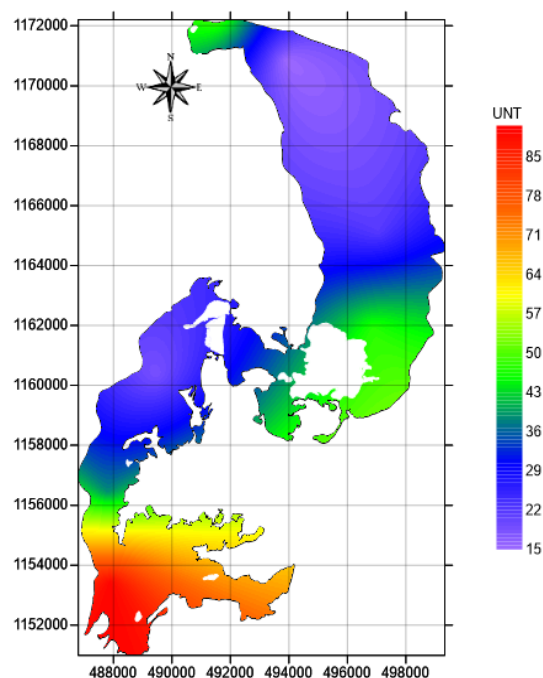
comportamiento de la turbiedad tuvo mayor presencia en la parte sur del embalse específicamente en la estación N° 9 con un valor de 89.35 UNT. A diferencia de las otras estaciones de muestreo que sus niveles fueron inferiores.

Según estudios realizados en años anteriores, para el periodo de sequía, el comportamiento de más significativo se dio en el norte del embalse, se presentaron rangos de 53 a 110 UNT, pudiendo deberse estas condiciones a la presencia de Fitoplancton que permanece superficial al espejo de agua, esto debido a procesos de eutrofización. (Padilla, 2015)<sup>32</sup>.

Con base a la normatividad colombiana no existe un límite permisible el cual indique valores estimados que se sobrepasen la norma, pero la turbiedad se ha mantenido en un rango considerable de teniendo en cuenta las épocas del año.

---

<sup>32</sup> **Padilla (2015).** MODELACIÓN HIDRODINÁMICA Y DE CALIDAD DEL AGUA PARA LA GESTIÓN SOSTENIBLE DEL EMBALSE EL GUÁJARO. Pág. 53. [**En Línea:** Doc. PDF.]. Consultado: abril 9 de 2017.



*Figura 8.2 Resultados Turbiedad, Época de sequía.*

Fuente: A. Avendaño, 2017

### 8.2.1.3 Conductividad

La conductividad de la mayoría de las aguas dulces fluctúa entre 10 a 10,000 ms/cm, pero pueden exceder los 1000 ms/cm, especialmente en aguas contaminadas, o aquellas que reciben grandes cantidades de sedimentos erosivos. (Martínez, 1995)<sup>33</sup>.

El comportamiento de la conductividad se relaciona directamente con la salinidad, los sólidos y sedimentos presentes en el agua. Se observa en la **figura10**, que en el Embalse del Guajaro, época en la cual se tomaron las muestras en las estaciones se presentan valores

<sup>33</sup> **Martínez (1995)**. Estudio de la calidad de las aguas superficiales del Rio San Pedro. Pág. 31 /**En Línea:**

Doc. PDF.]. Consultado: abril 12 de 2017. **Fuente:**

[www.uaa.mx/investigacion/revista/archivo/revista17/Articulo%205.pdf](http://www.uaa.mx/investigacion/revista/archivo/revista17/Articulo%205.pdf)

elevados en la zona centro específicamente en la estación N° 6 con un valor de 2150 ms/cm. Por consiguiente, las estaciones con mayores valores son de la N° 1 hasta la N° 5. Las estaciones N° 7,8 y 9 son las de menor valor. De acuerdo con esta literatura las estaciones de muestreo N° 1 a la N° 6, son consideradas aguas contaminadas debido a los valores que arroja la conductividad.

De los estudios anteriores para la conductividad, (*CRA, 2014*) existen reportes donde mencionan los altos valores de conductividad en el Guajaro, atribuyéndolos a los proyectos agrícolas y pesqueros (cultivos de palma africana, maracuyá y camaróneras) asentados en su cuenca y a la geoquímica del terreno, que puede ocasionar las altas conductividades en el fondo. En los últimos años se ha evidenciado una alta conductividad expresada en una elevada concentración de iones, una importante productividad biológica y posibles procesos de contaminación. Entre los pocos registros recientes disponibles de mediciones de esta variable en el embalse. Los del año 2002 muestran concentraciones inferiores a los 1900  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , mientras que para el 2012 se registraron valores inferiores a los 900  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

La normatividad colombiana no establece un límite permisible para la conductividad en la calidad de las aguas para uso por actividad, por ello se realizó un paralelo comparativo con la normatividad Internacional

Tabla 4

*Normatividad Internacional, Conductividad*

<b>País</b>	<b>Agricultura</b>
<b><i>Perú</i></b> (Estándar de calidad ambiental de agua)	750
<b><i>Chile</i></b> (Norma de calidad para la protección de las aguas continentales superficiales)	750

*Nota:* Límites permisibles establecidos por la normatividad internacional. Adaptado de estándares de calidad ambiental de agua. Por DIGESA, s.f., p – 26.

De acuerdo con lo establecido por la norma peruana y chilena, las estaciones de muestreo del Embalse del Guajaro que cumplen con sus límites permisibles corresponden a las estaciones N° 7 y 9 que corresponde a uso del agua para riego de vegetales ya que dichas estaciones no sobrepasan los valores permitidos a diferencia de las demás estaciones. Para caso del uso del agua para bebida de animales (uso pecuario) solo cumple la estación de muestreo N° 7.

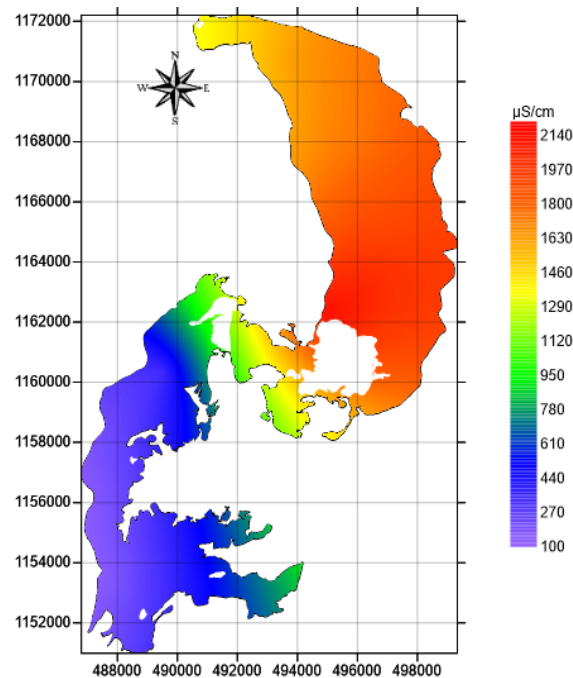


Figura 8.3 Resultados conductividad; Época sequía.

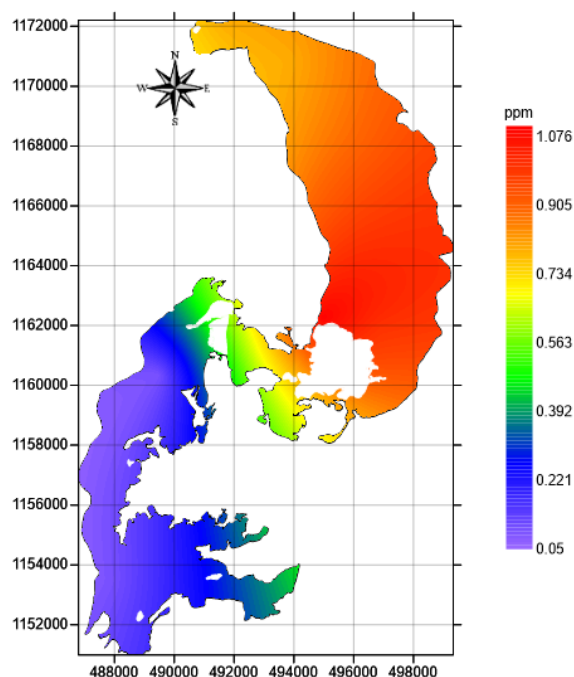
Fuente: A. Avendaño, 2017

#### 8.2.1.4 Salinidad

El comportamiento de la Salinidad en el agua depende de muchas variables que se relacionan directamente desde la suspensión de sólido en las aguas, el uso de nutrientes en las actividades antropogénicas y el vertimiento de aguas residuales hacia el embalse. La salinidad en las aguas del Guajaro, presenta mayores índices y valores hacia el centro del embalse, la estación N. ° 6 refleja una salinidad de 1.1 ppm siendo el valor más alto obtenido en el análisis de las muestras, descendiendo del centro al norte del embalse con la estación N.° 1 representando 0.8 ppm. A diferencia de las estaciones N. ° 7,8 y 9 que comprenden la parte sur del embalse y contienen los valores mínimos de este parámetro fisicoquímico con un valor de 0.1 ppm para cada estación. (*Ver figura 9*).

Según estudios realizados en el 2015, la salinidad de las aguas del Embalse representa sus valores mal altos hacia al norte de la zona de estudio, teniendo en cuenta que en la época de lluvias los valores de salinidad eran mayores que en la época de sequía. (Padilla, 2015)<sup>34</sup>.

La normatividad colombiana no establece límites permisibles para este parámetro en lo relacionado a usos del agua por actividad y vertimientos.



*Figura 8.4 Resultados salinidad, Época sequía.*

Fuente: A. Avendaño, 2017

<sup>34</sup> **Padilla (2015).** MODELACIÓN HIDRODINÁMICA Y DE CALIDAD DEL AGUA PARA LA GESTIÓN SOSTENIBLE DEL EMBALSE EL GUÁJARO. Pág. 53. [En Línea: Doc. PDF.]. Consultado: abril 9 de 2017.

## 8.2.2 Parámetros químicos

### 8.2.2.1 Potencial de hidrógeno

El pH en los estudios de calidad del agua es importante debido a que demuestran el nivel de acidez, es una de las características más importantes de las aguas. De acuerdo con su uso los cuerpos de agua deben mantener niveles de pH considerables para que en ella pueda desarrollarse vida acuática. En el embalse del Guajaro se encuentra representado en la *figura 7*, que para la época de sequía sus valores máximos se reflejan al centro del Embalse en la estación N° 5 con un pH de 8.86 descendiendo sus valores hacia el norte. La estación N° 9 arroja el resultado más bajo que es 6.32.

De acuerdo con la normatividad ambiental vigente, y el uso del agua por actividad **(Resolución 631 del 2015)** Para vertimientos puntuales con actividades relacionadas de agroindustria y ganadería el rango permisible oscila entre 6 a 9 unidades. Se puede afirmar que cada estación de muestreo cumple con los parámetros permisibles, es decir no excede el máximo valor, por tanto, de acuerdo con este parámetro la calidad del agua es apta de acuerdo con las actividades para su uso.

Haciendo relación de los resultados con la normatividad internacional a continuación en la tabla se presentan dichas normativas



Tabla 5

Normatividad Internacional, pH

País	Agricultura	Ganadería
<b>Perú</b> (Estándar de calidad ambiental de agua)	6.5 – 8.5	6.5 – 8.5
<b>Chile</b> (Norma de calidad para la protección de las aguas continentales superficiales)	6.5 – 8.5	6.5 – 8.5

*Nota:* Límites permisibles establecidos por la normatividad internacional. Adaptado de estándares de calidad ambiental de agua. Por DIGESA, s.f., p – 51/114.

De acuerdo con lo establecido por la norma Internacional, únicamente la estación N° 7 para el caso de uso del agua para riego de vegetales cumplen con el límite permisible de calidad del agua por actividad. Para el caso de uso del agua para bebida de los animales (uso pecuario) solo la estación N° 7 cumplen con dicha normativa.

Haciendo relación con la normatividad mexicana que establece límites permisibles de vertimientos a embalses sustenta que los valores correspondientes a este parámetro oscilan de 5 a 10 unidades, por tanto, cada uno de los resultados obtenidos demuestra que a comparación con esta normal si cumple con la permisibilidad estipulada.

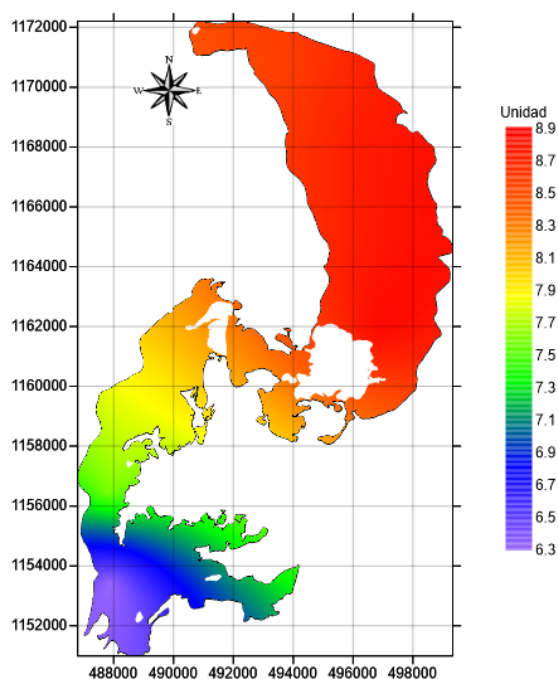


Figura 8.5 Resultados pH. Época Sequía.

Fuente: A. Avendaño, 2017

### 8.2.2.2 Oxígeno disuelto

El oxígeno disuelto es un parámetro que se relaciona directamente con la temperatura, de acuerdo con las condiciones meteorológicas de la zona, hay mayor presencia de oxígeno disuelto cuando las temperaturas son más bajas.

El oxígeno disuelto (OD) es uno de los gases más importantes en los sistemas acuáticos, ya que es fundamental para los organismos y para la degradación de la materia orgánica. Llega al agua por difusión de la atmósfera o por fotosíntesis. Un valor superior a 4 mg/L es aceptable para la sobrevivencia de la mayoría de los organismos acuáticos. (Garcia Alzate, 2016)<sup>35</sup>.

El Embalse del Guajaro para la época de sequía de junio del 2016, arroja que la mayor cantidad de oxígeno disuelto se refleja en la parte central de la zona de estudio como se observa en la **figura 8** que comprende la estación de muestreo N° 5 con un valor de 8.61 ppm, a diferencia de la zona norte y sur que refleja menores valores, en el caso de la estación de muestreo N. ° 9 refleja un valor de 5.81 ppm. Todas las estaciones de muestreo del cuerpo de agua cumplen con lo especificado anteriormente.

De acuerdo a estudios realizados en años anteriores según (Garcia Alzate, 2016), Los valores más altos fueron en el sector central, con un promedio de 5,97 mg/L, incluyendo aguas de fondo y superficie (sectores del municipio de Repelón), con un máximo de 9,43 mg/L en aguas superficiales cercanas a la Aguada de Pablo; mientras que los valores

---

<sup>35</sup> **García Álzate (2016).** *Embalse del Guajaro: Diagnostico Ambiental y Estrategias de Rehabilitación.*

*Cap.5. p.159. [En Línea: Doc. PDF.]. Consultado: abril 9 de 2017. Fuente:*

*repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/bitstream/pdf.*

intermedios se registraron en el sur del embalse, con una media de 4,66 mg/L (sectores de las compuertas de El Limón y Villa Rosa). Para el año 2015 en épocas de lluvia y sequía fue notorio que la zona norte del embalse presento mayores niveles de Oxígeno disuelto por actividad fotosintética, insolación horaria y presencia de nutrientes (Padilla, 2015)<sup>36</sup>.

Cabe resaltar que los niveles de Oxígeno Disuelto con el pasar de los años han disminuido y aumentado respectivamente de acuerdo con la época en la cual se realiza el muestreo y así mismo las condiciones climatológicas de la zona de estudio.

Haciendo relación de los resultados con la normatividad internacional

Tabla 6

*Normatividad Internacional, OD*

<b>País</b>	<b>Agricultura</b>	<b>Ganadería</b>
<b>Perú</b> (Estándar de calidad ambiental de agua)	7.5 – 9.0	7.5
<b>Chile</b> (Norma de calidad para la protección de las aguas continentales superficiales)	7.5	5.0

*Nota:* Límites permisibles establecidos por la normatividad internacional. Adaptado de estándares de calidad ambiental de agua. Por DIGESA, s.f., p – 49/97.

Para el caso del Oxígeno disuelto, haciendo relación con lo establecido por las autoridades Ambientales en Perú, solamente la estación N° 1 para el caso del uso del agua para bebida de animales (uso pecuario) cumple con el valor aceptable por la norma, para el uso del agua

<sup>36</sup> **Padilla (2015).** MODELACIÓN HIDRODINÁMICA Y DE CALIDAD DEL AGUA PARA LA GESTIÓN SOSTENIBLE DEL EMBALSE EL GUÁJARO. Pág. 53.

con respecto a riego solo la estación de muestreo N° 5 no excede los límites. A diferencia de la normatividad de calidad de aguas de Chile, ninguna estación de muestreo según su criterio que no cumple con lo establecido por la norma, en lo que respecta al uso del agua para bebidas de animales (uso pecuario), para uso del agua de riego de vegetales la estación de muestreo N° 5 no cumple con lo sustentado.

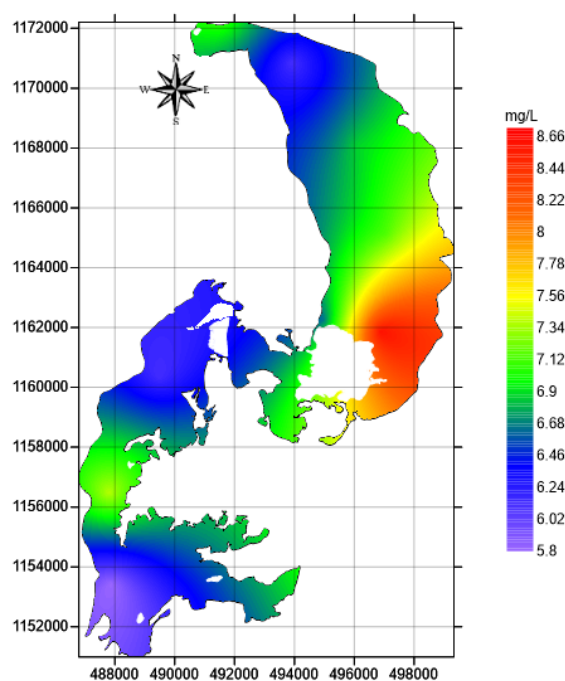


Figura 8.6 Resultados Oxígeno Disuelto; Época seca.

Fuente: A. Avendaño, 2017

### 8.2.2.3 Alcalinidad

Es la capacidad que tiene el agua para neutralizar ácidos, y se considera la presencia de sustancias básicas, principalmente, sales de ácidos fuertes o bases fuertes. En las aguas naturales, la alcalinidad se debe a la presencia de iones de carbonato y bicarbonato ( $\text{CO}_3^{2-}$  y  $\text{HCO}_3^-$ ) y, por las variaciones que producen en el pH, se generan reacciones secundarias que pueden romper el ciclo ecológico en un cuerpo de agua, la mayoría de los sistemas tropicales tienen alcalinidades bajas.

La alcalinidad es un parámetro fundamental de medición ya que por medio de este y de su cantidad presente en los cuerpos de agua se da el paso al nivel de contaminación y cuanto propenso sea este. El embalse del Guajaro, en este estudio presenta altos niveles de alcalinidad en la zona norte del cuerpo de agua con un valor máximo en la estación N° 2 de 480 mg/l. Seguidas de las estaciones N° 4 y 5 con valores que corresponden 324 y 320 mg/L respectivamente. De lo contrario la estación N°8 que presenta valor de 80 mg/l. (*ver figura 12*)

De acuerdo con estudios realizados anteriormente, la información primaria obtenida del muestreo de diciembre de 2013 indica que la alcalinidad presentó un promedio general tanto para aguas superficiales y de fondo de 169,2 mg/L, con valores entre 60 mg/L en aguas superficiales. Promediando los valores por sector, se obtienen concentraciones de 220 mg/l, 147,5 mg/l y 60 mg/l, en un claro gradiente de norte a sur del embalse, mostrando, en general, gran capacidad de amortiguación. (García Alzate, 2016)<sup>37</sup>.

De acuerdo con la normatividad legal vigente colombiana, no existe ningún límite permisible para estos parámetros

---

<sup>37</sup> **C. García Álzate (2016).** *Embalse del Guajaro: Diagnostico Ambiental y Estrategias de Rehabilitación.* Cap.5. p.164. [En Línea: Doc. PDF.]. Consultado: abril 9 de 2017. **Fuente:** [repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/bitstream/pdf](http://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/bitstream/pdf).

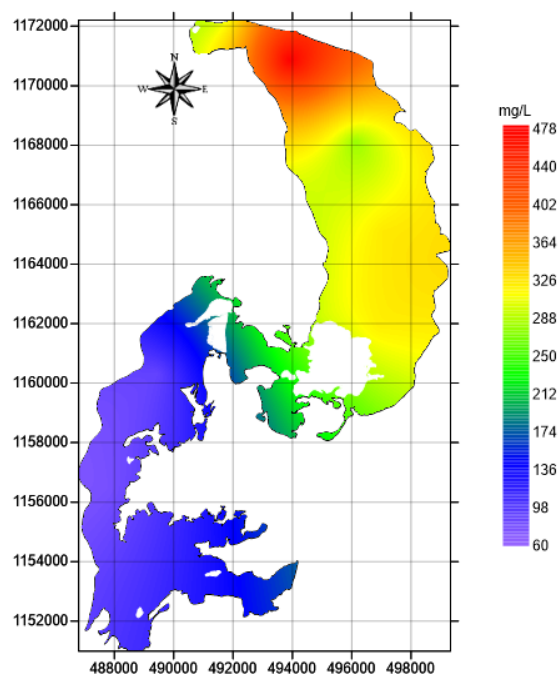


Figura 8.7 Resultados alcalinidad, Época seca.

Fuente: A. Avendaño, 2017

#### 8.2.2.4 Sólidos suspendidos totales

Los sólidos en suspensión son productos de la erosión de los suelos, detritus orgánico y plancton. Los sólidos suspendidos, tales como limo, arena y virus, son generalmente responsables de impurezas visibles. La materia suspendida consiste en partículas muy pequeñas, que no se pueden quitar por medio de deposición. Pueden ser identificadas con la descripción de características visibles del agua, incluyendo turbidez y claridad, gusto, color y olor del agua. (Ecofluidos, 2012)<sup>38</sup>. De acuerdo con las muestras recolectadas en el cuerpo de agua (*ver figura 13*), es visible que los resultados de sólidos suspendidos totales

<sup>38</sup> (Ecofluidos, 2012). *Estudio de la calidad de fuentes utilizadas para consumo humano y plan de mitigación por contaminación por uso doméstico y agroquímicos en APURIMAC Y CUSCO*. Pág. 11. [En Línea: Doc. PDF.]. Consultado: Abril 9 de 2017. **Fuente:** [www1.paho.org/per/images/stories/PyP/PER37/15.pdf](http://www1.paho.org/per/images/stories/PyP/PER37/15.pdf)

presentan una variación en toda la zona de estudio, se refleja que las estaciones N° 1, 5, 6 y 9 con valores de 31, 28,28, 35 mg/L respectivamente. Siendo notorio que la parte sur del Embalse presenta el mayor valor, seguido de la parte norte del embalse y por último la parte sur.

Estudios realizados en los años anteriores señalan que en aguas superficiales los valores oscilaron entre 9,6 mg/L y 31,25 mg/L en el sureste del embalse y el sector medio cercano al municipio de Repelón, respectivamente. Datos puntuales de los años 2012 y 2013 (enero, noviembre y diciembre) muestran que el sector norte del embalse aporta los mayores niveles de SST, lo que estaría posiblemente relacionado a las aguas de escorrentía y el aporte de sólidos por la actividad minera y desde los suelos desnudos y deforestados, principalmente, hacia el sector noreste del cuerpo de agua, donde se encuentran los bosques más intervenidos y dominan los potreros arbolados. (Garcia Alzate, 2016)

Teniendo en cuenta lo reglamentado por la normatividad ambiental vigente (Resolución 631 del 2015) establece los límites permisibles de los sólidos suspendidos totales para vertimientos de aguas residuales no domesticas por actividad, podemos denotar que: Para el caso de las actividades de agroindustria el valor permisible corresponde a 100 mg/L, dando como evidencia los resultados obtenidos en el estudio de calidad del agua del Embalse que las estaciones de muestreo que se rigen por esta norma de acuerdo a dicha actividad con las que corresponden a las estaciones N° 3,4,5,6,7 y 9; y cada una de ellas cumple con el requerimiento que establece la resolución, lo que quiere decir que ninguna sobrepasa el límite estimado. En lo que respecta a la actividad de la ganadería el valor máximo permisible corresponde a 150 mg/L, de los resultados obtenidos por estación de muestreo

que corresponden a dicha actividad las cuales son las estaciones N° 1,2,4,5 y 7 cada una de ellas cumple con el límite permisible que establece la norma.

De acuerdo con la normatividad internacional:

Tabla 7

*Normatividad Internacional, SST*

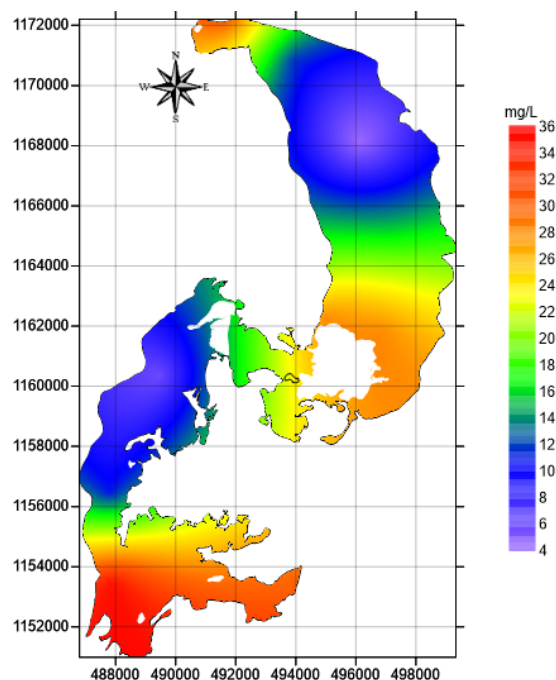
<b>País</b>	<b>Agricultura</b>
<b>Perú</b> (Estándar de calidad ambiental de agua)	150
<b>Chile</b> (Norma de calidad para la protección de las aguas continentales superficiales)	30
<b>FAO</b>	< 50
<b>México</b> (Vertimientos a embalses)	75

*Nota:* Límites permisibles establecidos por la normatividad internacional. Adaptado de estándares de calidad ambiental de agua. Por DIGESA, s.f., p – 63.

Los límites permisibles que establece el estándar de calidad ambiental de Perú, comparando con los resultados obtenidos para estudio de calidad del agua del Embalse, se determina que todas las estaciones cumplen con este límite permisible ya que no sobrepasa el valor estimado, al igual que lo establecido por la FAO y la norma mexicana de Vertimientos.

Para el caso de la normatividad chilena, la estación N°9 sobrepasa el limite estimado.





*Figura 8.8 Resultados SST; Época seca.*

Fuente: A. Avendaño, 2017

## 8.2.3 Parámetros biológicos

### 8.2.3.1 Demanda química de oxígeno

El Embalse del Guajaro, para el mes de junio del 2016 época de sequía, represento resultados relevantes en toda la zona de estudio. La demanda química de oxígeno en el cuerpo de agua presenta mayor valor en la estación N° 6 de 239.3 mg/L que comprende la zona centro del embalse, seguido por la parte norte, y finaliza en la parte sur.

Las concentraciones que se encuentran en aguas superficiales fluctúan entre 20mg/L o menor en aguas no contaminadas, y mayores de 200 mg/L en aguas que reciben efluentes.

(Martínez, 1995)<sup>39</sup>. Esto quiere decir que basado en esta teoría y los valores representativos en las zonas de DQO las aguas del embalse del Guajaro presentan un grado de contaminación en la parte centro con respecto a sus actividades antropogénicas.

En el embalse de El Guajaro se evidencia la constante presencia de actividades antropogénicas, que causan afectación en el cuerpo de agua, se permite deducir que gran parte de la materia orgánica disuelta en el agua proviene de descargas realizadas sin los debidos tratamientos de depuración. (*Ver figura 14*).

De los estudios realizados en años anteriores, se refleja que muestran valores altos sin importar el periodo de tiempo en el cual se hayan tomado los datos, de 25 a 53 mg/L en la parte superficial del embalse.

La normatividad colombiana, específicamente Resolución 631 del 2015 que se refiere a vertimientos puntuales de aguas residuales no domésticas, indica que para la DQO en las actividades productivas de agroindustria su límite permisible no debe exceder el valor de 150 mg/L y la actividad de ganadería 500mg/L. Las estaciones para las que abarca el límite permisible que corresponde a la actividad de agroindustria son las N° 3, 4, 5, 6,7 y 9 ningún cumple con lo establecido por la normal ya que todos sobrepasan el valor indicado. Para el caso de la actividad de ganadería que corresponde a las estaciones N° 1, 2, 4, 5 y 7 todas

---

<sup>39</sup> **Martínez (1995)**. Estudio de la calidad de las aguas superficiales del Rio San Pedro. Pág. 31 /**En Línea:**

estas cumplen con lo indicado por la norma ya que dichas estaciones sus valores de DQO están en el rango permitido por la normatividad.

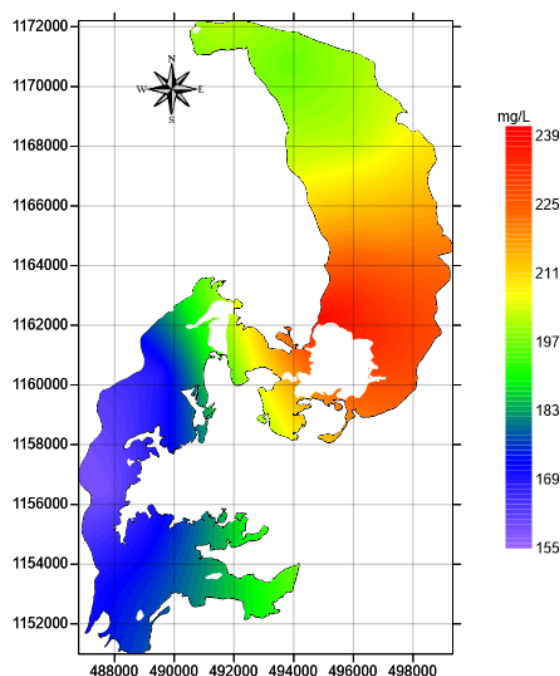


Figura 8.9 Resultados DQO; Época seca

Fuente: A. Avendaño, 2017

### 8.2.3.2 Demanda bioquímica de oxígeno

La demanda bioquímica de oxígeno es uno de los parámetros fundamentales en estudios de calidad del agua, puesto que indica la cantidad de oxígeno disuelto que utilizan los microorganismos presentes en la zona de estudio para la descomposición de la materia orgánica. Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente se deduce que en el Embalse del Guajaro, para el mes de junio del 2016, fecha en donde se realizó la recolección de muestras, que corresponde específicamente para la época de sequía (*Ver figura 15*), se es visible que la zona centro del cuerpo de agua es la que refleja mayores cantidades de demanda bioquímica de oxígeno, específicamente a la estación de muestreo N° 5 con un

valor de 26.8 mg/L. Las demás estaciones presentan valores dispersos, la zona sur presenta rangos de 14 a 20 mg/L. Por último, la zona norte que comprende las 4 primeras estaciones de muestro comprenden un rango de 11 a 16 mg/l.

Recolectando información de los años anteriores, se evidencia que hay un desbalance ecológico puesto que alrededor de los años los registros sustentados han sido muy variados. Para el año 2002 se evidencia que los niveles de DBO disminuyen de norte a sur, en un rango de 12 a 8 mg/L.

En el año 2012 ocurrió de manera inversa, de sur a norte con valores representativos de 16 a 12 mg/L.

Para la fecha de diciembre del año 2013 presento una DBO de 16.4 mg/L en aguas superficiales, indicando los mayores valores de DBO en el norte del embalse. (Garcia Alzate, 2016)<sup>40</sup>.

Cabe aclarar que no hay ninguna normatividad nacional que aporte algún tipo de criterio referente al uso del agua, en este parámetro.

Teniendo en cuenta la normatividad legal vigente colombiana, que corresponde a los vertimientos puntuales de las aguas residuales no domesticas (Resolución 631 del 2015), se establece que para las aguas de uso para actividades de agroindustria no deben exceder los 50mg/L de DQO, correspondiente a las estaciones N° 3, 4, 5, 6, 7, y 9 todas estas cumplen con el limite permisible por la norma, para el caso de la actividad económica ganadería su valor límite corresponde a 250 mg/L , las estaciones de muestreo donde se practica dicha

---

<sup>40</sup> **C. García Álzate (2016).** *Embalse del Guajaro: Diagnostico Ambiental y Estrategias de Rehabilitación.*

*Cap.5. p.161.* [En Línea: Doc. PDF.]. Consultado: abril 9 de 2017. **Fuente:**

[repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/bitstream/pdf](http://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/bitstream/pdf).

actividad corresponde a N° 1, 2, 4, 5 y 7, en todas estas la cantidad de DBO en dicho cuerpo de agua no sobrepasa el valor establecido por la normatividad colombiana.

Tabla 8

*Normatividad Internacional, DBO*

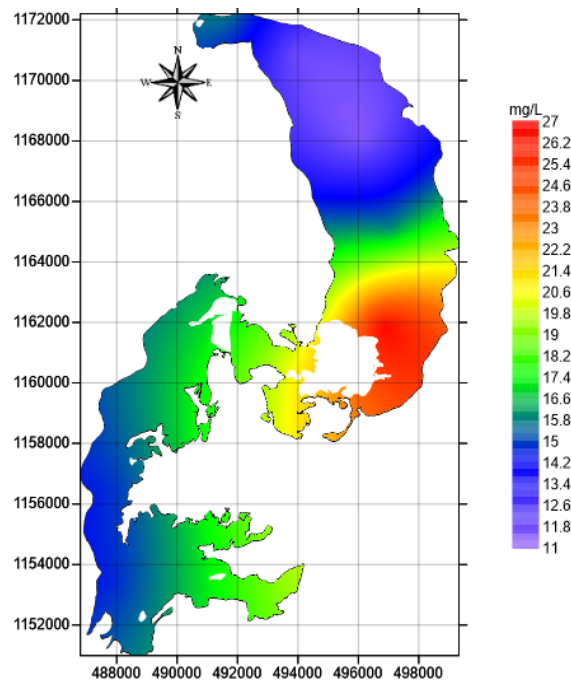
<i><b>País</b></i>	<i><b>Agricultura</b></i>	<i><b>Ganadería</b></i>
<b>Perú</b> (Estándar de calidad ambiental de agua)	15	7.5 a 9.0
<b>Chile</b> (Norma de calidad para la protección de las aguas continentales superficiales)	5	5
Ley general de las Aguas	15	15

*Nota:* Límites permisibles establecidos por la normatividad internacional. Adaptado de estándares de calidad ambiental de agua. Por DIGESA, s.f., p – 29/97.

Lo establecido por la norma de calidad para la protección de las aguas superficiales de Chile, cada resultado arrojado por estación ninguno cumple con lo sustentado por esta normativa.

En el caso de la ley general de las aguas, las estaciones de muestreo N° 2 es aquella que cumple con lo establecido por estas normas internacionales en el caso del uso del agua para bebida de animales (uso pecuario), para la normatividad peruana no cumple ninguna estación con lo sustentado. Para el caso del uso del agua para vegetales y riego las estaciones N° 3 y 9 no cumplen con los parámetros permisibles requeridos por la normatividad peruana y la ley general de las aguas.

A diferencia de lo que sustenta México en su norma de vertimiento a embalses, todas las estaciones no sobrepasan el valor permisible, ya que esta norma estima que la DBO permisible corresponde a 75mg/L.



*Figura 8.10 Resultados DBO; Época sequía.*

Fuente: A. Avendaño, 2017

## 8.2.4 Nutrientes

### 8.2.4.1 Fosfato

El fósforo puede ser uno de los factores nutricionales limitantes para la productividad primaria del cuerpo de agua. Las características biológicas y geoquímicas de fósforo juegan un papel importante en los procesos de eutrofización. Elemento fundamental para los organismos vivos, en los cuerpos de agua de forma orgánica. Una gran cantidad de fosfatos se recibe en los cuerpos de agua provenientes de desagües de detergentes de lavanderías, excreta humana y animal, escorrentía de fertilizantes de agricultura y escapes de depósitos

naturales. Determinar las concentraciones del fósforo es importante para conocer la productividad biológica del cuerpo de agua. (Vasquez - Rios, 2001)<sup>41</sup>.

Del fosfato se puede deducir que es un nutriente esencial para los organismos vivos presentes en el agua. Se evidencia en la **figura 16** que, en la zona de estudio, la presencia de fosfatos es bastante alta, observándose en un rango de 0.02 mg/L a 0.17 mg/L en toda el área de estudio. Cabe resaltar que la mayor cantidad en la parte norte y centro del embalse, las estaciones N° 4, 6 y 7 son las que muestran valores más representativos de este nutriente que corresponden a 0.17 y 0.16 mg/L respectivamente en cada estación. Únicamente en la estación N° 1 y 8 es donde se refleja que hay baja cantidad de fosfatos en el agua.

Se evidencia que estudios realizados en años anteriores, los fosfatos se presentaban en las aguas superficiales en una cantidad de 0.27 mg/L aproximadamente. En la zona centro del embalse, este nutriente se encontró ausente, a diferencia del norte de la zona donde se evidencio presencia de fosfato en niveles de 0,494 mg/L. (Garcia Alzate, 2016)<sup>42</sup>.

La normatividad colombiana no presente ningún límite permisible para este parámetro.

---

<sup>41</sup> **Vásquez - Ríos (2001).** *Estudio sobre las concentraciones de nitrógeno y fosforo en los embalses de Puerto Rico p.4.* [En Línea: Doc. PDF.]. Consultado: abril 13 de 2017. **Fuente:** [.bvsde.paho.org/bvsAIDIS/REPDOM/vasquez.pdf](https://bvsde.paho.org/bvsAIDIS/REPDOM/vasquez.pdf)

<sup>42</sup> **C. García Álzate (2016).** *Embalse del Guajaro: Diagnostico Ambiental y Estrategias de Rehabilitación. Cap.5. p.164.* [En Línea: Doc. PDF.]. Consultado: abril 9 de 2017. **Fuente:** [repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/bitstream/pdf](https://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/bitstream/pdf).

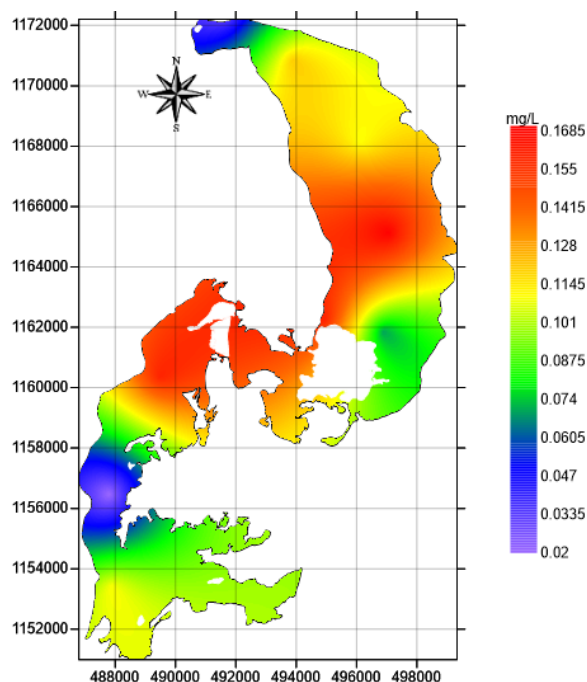


Figura 8.11 Resultados fosfato; Época seca.

Fuente: A. Avendaño, 2017

#### 8.2.4.2 Nitritos

En el embalse del Guajaro, la presencia de nitritos oscila en un rango de 0 a 0,18 mg/L (*Ver figura 17*), cabe resaltar que, en aguas superficiales, donde hay presencia de gran oxigenación el nitrito no comúnmente suele exceder 0.1 mg/L. Cuando los nitritos presentan elevadas cantidades en los cuerpos de agua indica que hay un alto índice de contaminación por el uso del agua por actividad e incluso vertimientos. De 0.1 a 0.9 mg/L indican toxicidad, dependiendo del nivel de pH, cuando los valores exceden este rango indica que hay alto índice de toxicidad impidiendo el desarrollo de actividades y el mantenimiento del cuerpo de agua en buenas condiciones.

Esto indica que el Embalse del Guajaro presenta bajos niveles de nitratos, para la fecha en la cual se realizó la campaña de muestro, haciendo enfoque en la parte sur del embalse que es donde se presentó mayor presencia de nitritos, específicamente en la estación N° 9 con



un valor de 0.17 mg/L, seguido de la estación N° 6 con datos de 0.11 mg/L. Cabe aclarar que hay zonas del cuerpo de agua donde no hay presencia de nitratos como lo son en las estaciones N° 1 y 4 que corresponden la zona norte del embalse.

Estudios realizados en años anteriores, (Padilla, 2015)<sup>43</sup> para la campaña de medición de sequía, este parámetro presento valores moderadamente altos que en la campaña de lluvias. Además, la zona norte del embalse presento las concentraciones más altas que para el resto de las estaciones, valores en el rango de 0.1 a 0.33 mg/L. estos valores pueden estar relacionados con descargas de compuestos nitrogenados sobre el cuerpo de agua.

Comparando la información obtenida en el estudio de calidad con la normatividad legal (Decreto 1594 del 1984) indica que los límites permisibles para este parámetro de acuerdo al uso del recurso hídrico por actividad, en el caso de aguas para consumo humano la presencia de nitritos no debe exceder 1mg/L, este valor permisible corresponde a la estación N° 8 que el uso de su agua va directamente relacionada con el uso humano, se deduce que dicha estación no sobrepasa el valor permisible establecido por la norma. Para uso pecuario 10mg/L, por tanto, cabe deducir que no exceden los parámetros permisibles, se puede deducir que dicha agua es apta de acuerdo con su uso.

---

<sup>43</sup> **Padilla (2015).** MODELACIÓN HIDRODINÁMICA Y DE CALIDAD DEL AGUA PARA LA GESTIÓN SOSTENIBLE DEL EMBALSE EL GUÁJARO. Pág. 53. [En Línea: Doc. PDF.]. Consultado: abril 9 de 2017.

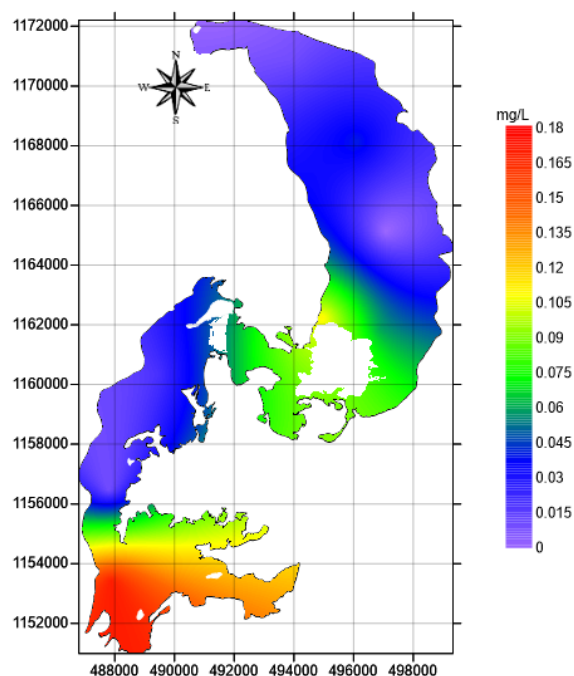


Figura 8.12. Resultados Nitrito; Época sequía.

Fuente: A. Avendaño, 2017

#### 8.2.4.3 Nitratos

La concentración de nitrato en aguas superficiales suele ser baja, pero puede llegar a ser alta por filtración o escorrentía de tierras agrícolas o debido a la contaminación por residuos humanos o animales como consecuencia de la oxidación del amoníaco y fuentes similares como fertilizantes.

Con respecto a los resultados obtenidos para el nitrato en la *figura 18*, en el Embalse del Guajaro se refleja que va aumentando de manera ascendente, ocupando a sí los máximos valores de en la zona norte del embalse y los menores en la zona sur. La estación de muestreo N° 1 indica que hay presencia de nitratos a 1.85 mg/L siendo la mayor cantidad en este muestreo, seguido de la estación N° 2 y 4 con valores de 1.51 y 1.43 mg/L respectivamente. Para la zona norte es relevante resaltar que la estación N°9 no presenta

nitratos es decir que en esta estación hay ausencia de este nutriente. Seguida por las estaciones N° 8, 7 y 6 con pequeñas cantidades de nutrientes en valores 0,1 mg/L, 0,21 mg/L y 0.25 mg/L respectivamente.

De acuerdo a los reportes históricos, en el sector norte del embalse se reportaron valores de nitratos superiores a 1 mg/L, hasta un máximo de 4 mg/L. Tales resultados estarían relacionados con las condiciones propias del sector, que comprenden, además de presencia de materia orgánica autóctona en el cuerpo de agua, las contribuciones derivadas de las escorrentías y canales que se encuentran alrededor del espejo de agua que conducen aguas residuales, incluyendo actividades como la acuicultura y la ganadería. (Garcia Alzate, 2016)<sup>44</sup>.

Al hacer recopilación de datos se evidencia que con el pasar de los años el embalse conserva las mismas características con este nutriente, ya que sus máximos niveles se presentan en la zona norte, incide en cada una de las actividades que se practican en el lugar.

Teniendo en cuenta la normatividad ambiental vigente (Decreto 1594 del 1984), se relacionan los datos de uso del agua por actividad y se estima lo siguiente; Para el caso de consumo humano su valor permisible corresponde a 10mg/L, para el uso pecuario 100mg/L, por tanto, se puede estimar que cumple con los parámetros permisibles que corresponden a este nutriente en el recurso hídrico de acuerdo a sus actividades.

---

<sup>44</sup> C. García Álzate (2016). Embalse del Guajaro: Diagnostico Ambiental y Estrategias de Rehabilitación. Cap.5. p.165. [En Línea: Doc. PDF.]. Consultado: abril 9 de 2017. Fuente: [repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/bitstream/pdf](http://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/bitstream/pdf)

De acuerdo con la normatividad internacional

Tabla 9

*Normatividad Internacional, Nitrato*

<b>País</b>	<b>Agricultura</b>	<b>Ganadería</b>
FAO	< 5.0	100
<b>Perú</b> (Estándar de calidad ambiental de agua)	< 5.0	100
Ley general de las Aguas	0.1	0.1

*Nota:* Límites permisibles establecidos por la normatividad internacional. Adaptado de estándares de calidad ambiental de agua. Por DIGESA, s.f., p – 47/112.

Para lo establecido por la FAO y el estándar de calidad de agua en Perú, todas las estaciones de muestreo que se relacionan con el uso del agua para riego y vegetales cumplen con lo establecido por la norma ya que no sobrepasan los límites permisibles, de igual manera para el caso del uso del agua para bebidas de animales (uso pecuario).

Relacionado a la Ley general de las Aguas, solamente la estación de muestreo N°9 cumple con lo establecido por esta norma internacional.

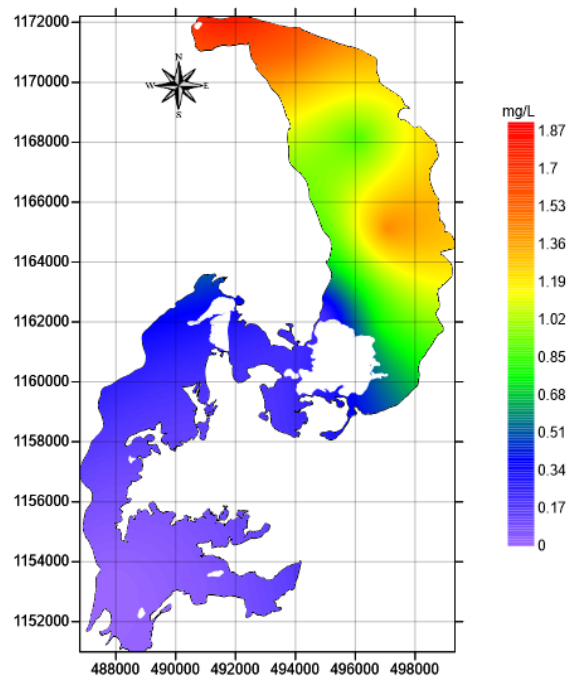


Figura 8.13 Resultados Nitratos; Época sequía.

Fuente: A. Avendaño, 2017

#### 8.2.4.4 Sulfato

La presencia de sulfatos en el Embalse del Guajaro, es notoria en un rango de 5 a 155 mg/L de sur a norte respectivamente. Se evidencia que las mayores cantidades de sulfato se presentan en la zona centro como en la estación N°6 con valor de 155 mg/L, seguido de la estación N°5 con valor de 145 mg/L por consiguiente las estaciones N° 1 y 4 que arrojaron resultados de 144 mg/L para ambas. Hacia la zona sur la cantidad de sulfato por estación es menor específicamente las estaciones N° 7,8 y 9 presentaban los siguientes valores 57, 17 y 11 respectivamente. (*Ver figura 19*)

De acuerdo con estudios realizados en años anteriores, se evidencia que hay registros de concentraciones promedio 34mg/L. Sus variaciones estuvieron en un rango de 1,69 mg/L a 87,8 mg/L hacia la zona sureste del embalse. Promediando los resultados de las estaciones

por sector, las concentraciones estimadas fueron de 42,04 mg/L, 58,27 mg/L y 16,5 mg/L en norte, centro y sur del embalse, respectivamente. Con respecto a datos históricos, en 2002 se registraron concentraciones con una media aproximada de 100 mg/L, siendo los sectores norte y centro donde se hallaron los mayores valores, al igual que en el muestreo de diciembre de 2013. (**García Alzate, 2016**)<sup>45</sup>.

Haciendo relación de los datos, los obtenidos por medio de la literatura y los recopilados en la campaña de muestreo se evidencia que hay una gran diferencia de rangos en las concentraciones por zona pero que se sustenta que el cuerpo de agua presenta mayores concentraciones en las mismas zonas teniendo en cuenta las diferentes épocas en las que se realizó el muestreo. En la normatividad colombiana, no hay un valor permisible que indique la máxima cantidad de sulfatos que se permite para el vertimiento o usos del agua por actividad. Basándose en la normatividad internacional.

---

<sup>45</sup> **García Álzate (2016).** *Embalse del Guajaro: Diagnostico Ambiental y Estrategias de Rehabilitación. Cap.5. p.164.* [En Línea: Doc. PDF.]. Consultado: abril 9 de 2017. **Fuente:** [repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/bitstream/pdf](http://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/bitstream/pdf).

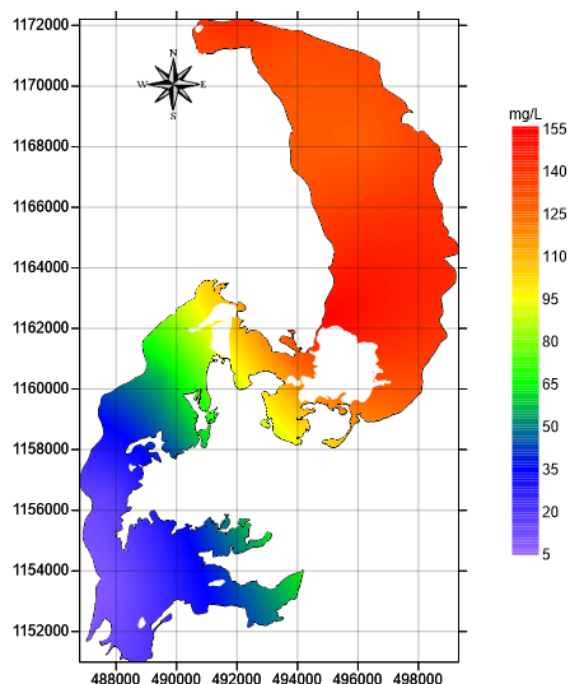
Tabla 10

*Normatividad Internacional, Sulfato*

<b>País</b>	<b>Agricultura</b>	<b>Ganadería</b>
<b>Perú</b> (Estándar de calidad ambiental de agua)	150	400
<b>Chile</b> (Norma de calidad para la protección de las aguas continentales superficiales)	150	500
Ley general de las Aguas	400	400

*Nota:* Límites permisibles establecidos por la normatividad internacional. Adaptado de estándares de calidad ambiental de agua. Por DIGESA, s.f., p – 67.

Relacionando los resultados obtenidos en el Embalse del Guajaro con la normativa internacional, Para la normatividad peruana y chilena, con respecto al uso del agua para riego y vegetales la estación de muestreo N° 6 sobrepasa los límites permisibles establecidos por la norma, en el caso de uso del agua para bebida de animales (uso pecuario), todas las estaciones cumplen con los límites permisibles ya que ninguno sobrepasa lo sustentado. A diferencia de lo establecido por la normativa venezolana que su valor permisible es mayor dando a conocer que todas las estaciones de muestreo si cumplen con lo descrito.



*Figura 8.14 Resultados Sulfato; Época Sequia.*

Fuente: A. Avendaño, 2017

## 8.2.5 Parámetros microbiológicos

### 8.2.5.1 Coliformes totales y coliformes fecales

De los coliformes totales y fecales, se puede decir que hay presencia en el Embalse del Guajaro en grandes concentraciones, en ambos casos hay la misma cantidad de coliformes, tanto para los fecales como para los totales, en un rango de 500 a 160000 NMP/100ml.

Específicamente para la estación N° 4 que presenta una concentración de 160000 NMP/100ml que es el valor de concentración mayor en este muestreo en época sequía, seguido por la estación N° 3 con una concentración de 92000 NMP/100ml hacia el norte del embalse, muestras más representativas de la zona. Hacia el sur del embalse estaciones representativas N° 5, 6 y 9 con concentraciones de 780, 1100 y 545 NMP/100ml respectivamente. Siendo los valores mínimos de concentración de coliformes. En la parte



norte del embalse también hay presencia de concentraciones mínimas en las estaciones N° 1 y 2 con concentración de 1100 y 450 NMP/100ml.

De los estudios realizados en años anteriores, (García Alzate, 2016)<sup>46</sup>. Del mes de diciembre del 2013 se evidencio la alta concentración de coliformes totales, con niveles menores que 1000NMP/100ml. Los promedios de coliformes totales correspondían a 759,75 NMP/100 ml al norte, 407,82 NMP/100 ml en el centro y 399,15 NMP/100 ml al sur; y de coliformes fecales de 140,92 NMP/100 ml al norte, 103,78 NMP/100 ml en el centro y 74,82 NMP/100 ml al sur. A diferencia del año 2012, los mayores registros promedio se obtuvieron en el centro del embalse, con 5000 NMP/100 ml y 1540 NMP/100 ml de coliformes totales y fecales, respectivamente, dando indicios claros de contaminación fecal. Al realizar un análisis comparativo de las muestras de coliformes se evidencia que su grado de concentración es igual por zona, es decir que en dichos estudios su índice mayor se refleja hacia el norte descendiendo hacia el sur del cuerpo del agua.

Teniendo en cuenta la normatividad vigente colombiana, con respecto al uso del agua por actividad y vertimientos (Decreto 1594 de 1984) respectivamente, con respecto al uso del recurso para consumo humano para coliformes totales cuenta con un valor permisible de 20.000 NMP/100ml, para uso agrícola no debe exceder el valor de 5000 NMP/100ml.

---

<sup>46</sup> **García Álzate (2016).** *Embalse del Guajaro: Diagnostico Ambiental y Estrategias de Rehabilitación. Cap.5. p.167.* [En Línea: Doc. PDF.]. Consultado: abril 9 de 2017. **Fuente:** [repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/bitstream/pdf](http://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/bitstream/pdf).

La estación N°8 que corresponde al uso del agua para consumo humano cumple con lo establecido por la normatividad. En lo que respecta a uso agrícola, las estaciones N° 3 y 4 no cumplen con los valores establecidos lo que indica que hay un alto índice de contaminación en esta zona.

Para el caso de los coliformes fecales los límites permisibles corresponden a uso del agua para recurso humano un estimado de 2000 NMP/100ml y para el caso de uso del agua para actividades agrícolas 1000NMP/100ml. Por tanto, se deduce que, para el caso del uso del agua para recurso humano, la estación de muestreo N° 8 no cumplen con el límite permisible establecido por la normatividad, y para el caso del uso del agua por actividades agrícolas únicamente las estaciones que cumplen con los parámetros límites permisibles son las estaciones N° 2, 5 y 9. (*Ver la figura 20*).

Teniendo en cuenta la normatividad internacional, México establece un valor permisible para coliformes totales de 1000 NMP/100ml para los vertimientos a embalses, las estaciones de muestreo N° 2, 5 y 9 son aquellas que cumplen con lo requerido por esta norma.

Tabla 11

*Normatividad Internacional, Coliformes Totales*

<b>País</b>	<b>Riego</b>	<b>Ganadería</b>
Ley general de Aguas	5000 NMP/ 100ml	1000 NMP/100ml
<b>Chile</b> (Norma de calidad para la protección de las aguas superficiales)	10000 NMP/ 100ml	5000 NMP/ 100ml
<b>Perú</b> (Estándar de calidad ambiental de agua)	5000 NMP/ 100ml	5000 NMP/ 100ml

*Nota:* Límites permisibles establecidos por la normatividad internacional. Adaptado de estándares de calidad ambiental de agua. Por DIGESA, s.f., p – 74.

Teniendo en cuenta los límites establecidos por la norma internacional y los resultados obtenidos para calidad del agua del Embalse del Guajaro se deduce que:

De acuerdo con lo establecido por la Ley general de las aguas, uso del agua para bebida de animales solo cumple las estaciones de muestreo N° 2 y 5; para el uso del agua para riego las estaciones N° 5, 6, 7 y 9 cumplen con lo sustentado.

Para la norma de calidad para la protección de las aguas superficiales de Chile se determina que las estaciones de muestreo N° 1, 2, 5 y 7 cumplen con lo establecido por esta ley referente a coliformes. Para el caso del uso del agua para riego, las estaciones que cumplen con esta normativa son las N° 5, 6, 7 y 9.

El estándar de calidad ambiental de agua de Perú solo lo cumple las estaciones N° 1, 2, 5 y 7 que corresponde al uso del agua para bebida de animales (Uso pecuario), para el uso del agua para riego las estaciones que no sobrepasan lo establecido por la normatividad son las N° 5, 6, 7, y 9.

Tabla 12

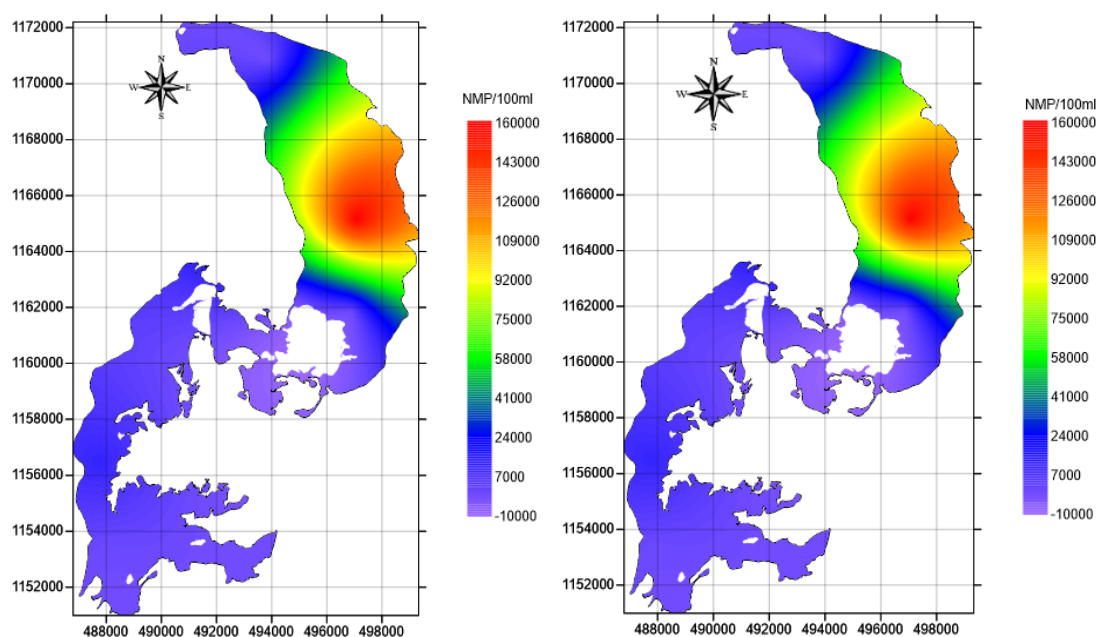
*Normatividad Internacional, Coliformes Fecales*

<b>País</b>	<b>Riego</b>	<b>Ganadería</b>
Guía canadiense de la calidad del agua	200 – 400 NMP/100ml	200 – 400 NMP/ 100ml
<b>Perú</b> (Estándar de calidad ambiental de agua)	100 NMP/ 100ml	100 NMP/100ml

*Nota:* Límites permisibles establecidos por la normatividad internacional. Adaptado de estándares de calidad ambiental de agua. Por DIGESA, s.f., p – 74/129.

Para los coliformes fecales al ser comparados el estudio realizado con la norma, se observa que los resultados obtenidos no cumplen con esta normatividad que establece países como

Canadá y Perú.



*Figura 8.15 Coliformes Fecales y totales; Época Sequia*

Fuente: A. Avendaño, 2017

## 9. Planes de Manejo Ambiental

Teniendo en cuenta las actividades que se realizan alrededor del cuerpo de agua, se planteó identificar cada uno de los aspectos e impactos ambientales que se generan directamente al Embalse del Guajaro cómo se observa en la ***Tabla 13***

Tabla 13

*Aspectos e impactos ambientales*

<b>Etapas</b>	<b>Actividades</b>	<b>Aspectos ambientales</b>	<b>Impactos ambientales</b>
<b>Uso del agua por actividad.</b>	Ganadería	Sobrepastoreo	Alteración de las características del suelo
	Agricultura	Uso de agroquímicos y nutrientes	Alteración de las características del suelo
	Agricultura/Ganadería	Aporte de sedimentos al agua	Disminución de la capacidad hidrobiológica
	Ganadería	Deforestación	Perdida de la cobertura vegetal
	Piscicultura	Malas prácticas de pesca	Contaminación del agua
	Actividades agropecuarias	Vertimientos generados por productos para control de plagas y otras actividades	Contaminación del agua
	Piscicultura	Deterioro de la producción por métodos inadecuados de pesca	Alteración de nicho ecológicos de especies acuáticas
	Uso de agua potable	Vertimiento de aguas servidas al cuerpo de agua	Contaminación del agua, alteración de parámetros físicoquímicos y microbiológicos
		Arrojo de basuras a cielo abierto	Alteración y deterioro del paisaje

*Nota:* Descripción de los aspectos e impactos ambientales, causado por las actividades antropogénicas que se desarrollan en el Embalse del Guajaro y Distrito de riego de Repelón. Por A. Avendaño, 2017.

Con base a la matriz de evaluación de aspectos e impactos ambientales se prescribieron PMA (Programas de manejo ambiental), donde se implantaron las medidas para prevenir, mitigar, compensar y controlar los posibles efectos o impactos ambientales negativos causados por el uso del agua por actividad.

A continuación, se describen los programas ambientales que se formularon:

El tratamiento para vertimiento de aguas es una estrategia que se considera viable debido a las condiciones actuales del cuerpo de agua, la alta presencia de cargas de contaminantes por lo tanto se consideró la implementación de un plan de manejo ambiental (*Ver Tablas 14 - 17*).

Tabla 14

*Plan de manejo Ambiental*

<b>PROGRAMA 1</b>		<b>TRATAMIENTO PARA VERTIMIENTO DE AGUAS, SERVICIOS DE ALCANTARILLADO</b>	
<b>OBJETIVOS</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Disminuir la carga orgánica de las aguas vertidas, sobre el cuerpo de agua receptor (Embalse del Guajaro).</li> <li>Implementar un sistema de tratamiento primario, que garantice mejorar la calidad del recurso hídrico.</li> </ul>	
<b>ETAPA</b>	Uso del agua por actividad	<b>TIPO DE MEDIDA</b>	Mitigación
<b>IMPACTOS POR MANEJAR</b>			
Los impactos por controlar son los siguientes:			
<ul style="list-style-type: none"> <li>Contaminación del agua, alteración de la composición natural del cuerpo de agua (Características fisicoquímicas y microbiológicas).</li> <li>Disminución parcial de los índices de contaminación que evidencia el cuerpo de agua.</li> </ul>			
<b>MEDIDAS DE MANEJO AMBIENTAL</b>			
Debido a que el recurso hídrico, es utilizado para diferentes actividades, se considera necesario que el agua antes de ser vertida se le realice un tratamiento primario, puesto que sus condiciones ambientales, alteran las condiciones del cuerpo de agua, provocando que todo el ecosistema en general se contamine, de igual forma el incremento de la mortandad de especies acuáticas y afectación de la salud pública. Sumado a esto el diseño y la implementación de un sistema de alcantarillado, para evitar que las aguas sean vertidas en zonas no aptas para este proceso.			

*Nota:* Descripción de los programas de manejo ambiental sugeridos para control de impactos. Por A. Avendaño, 2017

Tabla 15

*Plan de manejo Ambiental*

<b>PROGRAMA EDUCACION AMBIENTAL</b>			
<b>2</b>			
<b>OBJETIVOS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fomentar y promover la cultura ambiental, sobre la población de influencia directa en cuanto a lo que respecta a la gestión integral de dicho cuerpo de agua.</li> <li>• Disminuir la alteración y deterioro de los ecosistemas establecidos alrededor del cuerpo de agua.</li> </ul>		
<b>ETAPA</b>	Uso del agua por actividad	<b>TIPO DE MEDIDA</b>	Control
<b>IMPACTOS POR MANEJAR</b>			
Los impactos por controlar son los siguientes:			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alteración y deterioro de los ecosistemas establecidos alrededor del cuerpo de agua.</li> <li>• Disminución de los índices de contaminación que presenta el cuerpo de agua.</li> <li>• Alteración de las características fisicoquímicas del suelo.</li> </ul>			
<b>MEDIDAS DE MANEJO AMBIENTAL</b>			
<p>Para la educación ambiental, se hace necesario el apoyo de las autoridades ambientales, para la realización de charlas y capacitaciones a la población aledaña al cuerpo de agua, brindándoles conocimiento acerca de las correctas medidas de manejo y control frente a situaciones que se presenten al realizar dichas actividades antrópicas que requieran el uso de los recursos naturales, para así realizar el debido aprovechamiento de los mismos y evitar la contaminación, alteración y deterioro y pérdida de cobertura vegetal.</p>			

*Nota:* Descripción de los programas de manejo ambiental sugeridos para control de impactos. Por A. Avendaño, 2017



Tabla 16

*Plan de manejo Ambiental*

<b>PROGRAMA 3</b>	<b>DISEÑO DE SISTEMAS DE MANEJO, TRATAMIENTOS Y DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS DE LA COMUNIDAD.</b>		
<b>OBJETIVOS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implementar el manejo adecuado de residuos sólidos.</li> <li>• Disminuir las alteraciones de las condiciones naturales del suelo</li> <li>• Promover el uso adecuado del recurso hídrico</li> </ul>		
<b>ETAPA</b>	<b>Uso del agua por actividad</b>	<b>TIPO DE MEDIDA</b>	<b>Control</b>
<b>IMPACTOS POR MANEJAR</b>			
<p>Los impactos por controlar son los siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Disminución de la capacidad hidrobiológica</li> <li>• Alteración y deterioro del paisaje</li> <li>• Disposición inadecuada de los residuos solidos</li> <li>• Contaminación de suelo y agua</li> </ul>			
<b>MEDIDAS DE MANEJO AMBIENTAL</b>			
<b>CLASIFICACION DE LOS RESIDUOS SOLIDOS</b>			
<p><b>a. Residuos Sólidos Ordinarios</b> Son los que no requieren ningún manejo especial y pueden ser entregados a la empresa recolectora en las mismas condiciones que los residuos domésticos. Estos incluyen los generados por comidas y demás residuos producidos típicamente en las instalaciones temporales (campamentos) u oficinas.</p> <p><b>b. Residuos Reciclables</b> Son aquellos que pueden ser reutilizados o transformados. Los materiales que comúnmente pueden reutilizar en obra o reciclar entregándolo al recuperador de la zona, son papel, cartón, plástico, vidrio y metal, siempre y cuando estén limpios y secos.</p> <p><b>c. Residuos Peligrosos</b> Son aquellos que, por sus características infecciosas, tóxicas, explosivas, corrosivas, inflamables, volátiles, combustibles, radiactivas o reactivas puedan causar riesgo a la salud humana o deteriorar la calidad ambiental hasta niveles que causen riesgo a la salud humana. También son residuos peligrosos aquellos que, sin serlo en su forma original, se transforman por procesos naturales en residuos peligrosos. Así mismo, se consideran residuos peligrosos los envases, empaques y embalajes que hayan estado en contacto con ellos. Se pueden generar entre otros los siguientes residuos peligrosos: <input type="checkbox"/> Llantas usadas <input type="checkbox"/> Envases de productos químicos <input type="checkbox"/> Pintura</p>			
<b>Manejo de residuos sólidos ordinarios y reciclables:</b>			
<p>Para el manejo de los residuos sólidos, evitar el contacto con el cuerpo de agua, es de vital importancia la utilización de canecas o contenedores por color, o uso de puntos ecológicos, estratégicos por trayecto o parcelas para disminuir las contaminaciones del suelo y agua, debidas etiquetas que especifiquen el material el cual debe ser arrojado allí.</p>			

Para ello se debe capacitar a la población aledaña, para que tengan conocimiento del uso adecuado de los puntos ecológicos y hacer la correcta separación en la fuente de los residuos.

Identificar a las personas o empresas que estén interesadas en recibir materiales reciclables, resultantes de las actividades diarias, para que éstas se encarguen de su recolección periódica, transporte y transformación, o llevarlas a centros de acopio donde se encargaran del correcto procedimiento de dicho material.

Evitar sobrecargar las canecas de los residuos diariamente.

### **Manejo de residuos peligrosos:**

Para el manejo de residuos peligrosos, es importante utilizar canecas o contenedores de color rojo que indican que solo en ese recipiente, se agregaran envases o residuos provenientes de agroquímicos o que tienen algún tipo de sustancia toxica para el ser humano y ambiente.

Sumado a ello sería de vital importancia contratar una empresa que realizara la recolección de estos desechos dándole la adecuada disposición final, evitando que estos residuos sean usados para otras actividades distintas a las cuales están destinadas.

---

*Nota:* Descripción de los programas de manejo ambiental sugeridos para control de impactos. Por A. Avendaño, 2017

Tabla 17

*Plan de manejo Ambiental*

<b>PROGRAMA 4</b>	<b>DISEÑO DE PLAN DE ORDENAMIENTO DEL EMBALSE DEL GUAJARO</b>		
<b>OBJETIVOS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planificar el uso del suelo de acuerdo las actividades prevalentes en la zona de estudio.</li> <li>• Disminuir las alteraciones de las condiciones naturales del suelo.</li> <li>• Promover el uso adecuado del recurso hídrico, y gestión integral del mismo.</li> </ul>		
<b>ETAPA</b>	Uso del agua por actividad	<b>TIPO DE MEDIDA</b>	Control
<b>IMPACTOS POR MANEJAR</b>			
<p>Los impactos por controlar son los siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alteración de las características del suelo.</li> <li>• Contaminación del agua.</li> <li>• Alteración de nichos ecológicos de especies acuáticas.</li> </ul> <p><b>MEDIDAS DE MANEJO AMBIENTAL</b></p> <p>El plan de ordenamiento para el Embalse y sus inmediaciones permitirá, el adecuado uso del suelo accediendo que toda la zona de acuerdo a sus condiciones geográficas y topográficas sea apta para cada una de las actividades sin alterar dichas condiciones, permitiendo la preservación de cada uno de los recursos naturales y de las especies.</p>			

*Nota:* Descripción de los programas de manejo ambiental sugeridos para control de impactos. Por A. Avendaño, 2017

## **10. Conclusiones y recomendaciones**

Este trabajo de investigación se desarrolló con la finalidad de evaluar la calidad del agua, del embalse del Guajaro y sus inmediaciones por medio de los estudios de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. Como resultado se obtuvo que las principales variables que alteran las condiciones ambientales del cuerpo de agua son los nutrientes (Fosfatos, nitrito, nitrato, y sulfatos). Ya que de acuerdo con lo establecido por la normatividad nacional e internacional excede los límites permisibles para algunos casos, por tanto, se deduce que el uso de agroquímicos y pesticidas para el control de plaga alteran las condiciones del medio provocando la contaminación del ecosistema. Así mismo, es relevante que no se dispone de ningún medio mediante el cual se les brinde pretratamiento a las aguas vertidas, lo que provoca que el ciclo de aguas contaminadas permanezca.

En lo que respecta a los resultados obtenidos para algunos parámetros fisicoquímicos como es el caso de la temperatura, salinidad y turbiedad, DBO, DQO, entre otras, se evidencio que no exceden el límite permisible que establece la normatividad ambiental colombiana.

Finalmente, se puede afirmar que evidentemente este cuerpo de agua ha presentado múltiples alteraciones a causa del conjunto de actividades antropogénicas, que se realizan alrededor del mismo es por ello, que resulta indispensable implementar estrategias desde el punto de vista de sostenibilidad ambiental, las cuales favorezcan la gestión integral del mismo y del conjunto de ecosistemas que se encuentran establecidos alrededor del mismo.

## 11. Referencias

- García Alzate. (2016). *Embalse del Guajaro: Diagnostico Ambiental y Estrategias de Rehabilitacion*. Obtenido de [repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/bitstream/pdf](http://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/bitstream/pdf)
- Cattaneo, Lopez. (2013). *Evolucion de la calidad del agua de la cuenca Matanza - Riachuelo*. Obtenido de [www.palermo.edu/ingenieria/pdf2014/13/CyT\\_13\\_18.pdf](http://www.palermo.edu/ingenieria/pdf2014/13/CyT_13_18.pdf)
- Ecofluidos. (2012). *Estudio de la calidad de fuentes utilizadas para consumo humano y plan de mitigacion por contaminacion por uso domestico y agroquimicos en APURIMAC Y CUSCO*. Obtenido de [www1.paho.org/per/images/stories/PyP/PER37/15.pdf](http://www1.paho.org/per/images/stories/PyP/PER37/15.pdf)
- Martínez, Alvarado, Senior. (Enero de 2001). *ESTUDIO FÍSICO-QUÍMICO DE LAS AGUAS SUPERFICIALES DE LA CUENCA BAJA Y PLUMA DEL RIO MANZANARES*. Obtenido de [www.redalyc.org/pdf/339/33905905.pdf](http://www.redalyc.org/pdf/339/33905905.pdf)
- Padilla. (2015). *Modelacion Hidrodinamica y de Calidad del Agua para la Gestion Sostenible del Embalse del Guajaro*.
- Quintero. (2009). *DETERMINAR LA CAPACIDAD DE CARGA DEL EMBALSE DEL GUÁJARO, COMO CONDICIÓN ESPECIAL PARA DECIDIR LA VIABILIDAD AMBIENTAL DE CULTIVOS INTENSIVOS DE PECES EN JAULAS Y ESTABLECER LAS ZONAS DONDE SE PUEDE DESARROLLAR ESTA ACTIVIDAD*. Obtenido de [www.unilibre.edu.co/revistaingeniolibre//revista-13/determinar-la-capacidad-de-carga-del-embalse-del-guajaro-como-condicion-especial-para-decidir-la%20vi-se-puede-desarrollar-esta-actividad.pdf](http://www.unilibre.edu.co/revistaingeniolibre//revista-13/determinar-la-capacidad-de-carga-del-embalse-del-guajaro-como-condicion-especial-para-decidir-la%20vi-se-puede-desarrollar-esta-actividad.pdf)

Vasquez - Rios. (2001). *Estudio sobre las concentraciones de nitrógeno y fósforo en los embalses de puerto rico*. Obtenido de

bvsde.paho.org/bvsAIDIS/REPDOM/vasquez.pdf

Gross (1986). *Gestión de la Calidad del Agua a Nivel Mundial*. [En Línea: Art.PDF.].

[Consultado: agosto de 2016]. Fuente: <http://www.uaa.mx>.

Corporación Autónoma Regional del Atlántico (CRA) (2014). *Diagnóstico Inicial para el Ordenamiento del Embalse del Guajaro y la Ciénaga de Luruaco*. Julio 28, 2016., de IDL, Ingeniería de Desarrollo Limpio. Sitio web: <http://crautonomia.gov.co>.

Pombo de la Hoz. (2016). *Informe Actualizado de los Distritos de Riego al Sur del Departamento del Atlántico*. p.6. Instituto Colombiano de Desarrollo, Incoder.

Barranquilla-Atlántico.

Sitio Web:

<http://liquidacion.incoder.gov.co/www/index.aspx>.

R. Oyaga Martínez. (2010). *Realidades Ambientales de los Cuerpos de Agua del Atlántico*.

Agosto 8, 2016., de Universidad Libre, Barraquilla. Sitio web:

<http://www.unilibrebaq.edu.co>.

Organización de Naciones Unidas (s.f). *Evaluación y Seguimiento de la Calidad del Agua, a nivel mundial*. [En Línea]. [Consultado: agosto de 2016]. Fuente:

<http://www.hydrology.nl>.

F. Torres Bejarano. (et al) (2015). *La Modelación hidrodinámica para la gestión hídrica del embalse del Guajaro, Colombia*. [En Línea]: ScienceDirect, Revista de Investigación de Métodos Numéricos. [Consultado 19 de abril de 2016.]. Fuente:

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0213131515000310>.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2015). *Resolución 0631 de 2015*. [En línea]. [Consultado: agosto de 2016]. Fuente: <http://www.alcaldiabogota.gov.co>.

Alcaldía Mayor de Bogotá (2010). Resolución 1594 de 1984. [En Línea]. [Consultado: agosto de 2016]. Fuente: <http://www.alcaldiabogota.gov.co>.

J. Blanco (2008). *Gestión Integral del Recurso Agua en Colombia*. [En Línea]. [Consultado: agosto de 2016]. Fuente: Documento P.D.F.

R. Oyaga Martínez. (2010). *Realidades Ambientales de los Cuerpos de Agua del Atlántico*. Agosto 8,2016., de Universidad Libre, Barraquilla. Sitio web: <http://www.unilibrebaq.edu.co>.

## 12. Bibliografía

- Ministerio De Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015). Resolución 0631 del 2015.
- Agencia Catalana del Agua. ((s.f.)). *Indicadores de calidad del agua: Indicadores biológicos*. Obtenido de <http://aca-web.gencat.cat>.
- Aktins, Calderon, Montoya, Morales. (2005). *Evaluacion de la calidad del agua en Cajamarca, Peru*. Peru.
- Álvarez, J. (2006). *Calidad integral del agua superficial en la Cuenca hidrológica del Rio Amajac*. Obtenido de <http://www.scielo.cl>.
- Alvarez, Panta, Ayala, Acosta. (2008). *Integral Quality of Surface Water in Rio Amajac Watershed*. Obtenido de [http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-07642008000600004&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-07642008000600004&script=sci_arttext)
- APHA (American Public Health Association). (1998). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 20th Edition* .
- B. Miravet Sánchez. (2016). *Calidad del Agua del Rio Arigunabo según índices fisicoquímicos y bioindicadores*. Obtenido de [scielo.sld.com](http://www.scielo.sld.com).
- Barceló, López. (2012). *Contaminación y calidad química del agua: el problema de los contaminantes emergentes*. Obtenido de [www.ayto.zaragoza.es/contenidos/medioambiente/materialesdidacticos/contaminanteseemergentes/barcelo.pdf](http://www.ayto.zaragoza.es/contenidos/medioambiente/materialesdidacticos/contaminanteseemergentes/barcelo.pdf)
- Benez, M. (2009). *Percepciones ambientales de la calidad del agua superficial en la microcuenca del rio fogotico, Chiapas*. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx>.
- Bravo, Sanchez, Izurieta, Tomasini. (2015). *EVALUACIÓN TOXICOLÓGICA DEL RÍO ATOYAC, PUE., Y SU RELACION CON LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS*. Obtenido de <http://www.amica.com.mx/issn/archivos/183.pdf>
- Cardona. (2003). *Calidad y riesgo de contaminación de las aguas superficiales en la microcuenca del Rio La Soledad, Valle de Angeles, Honduras*. Obtenido de [orton.catie.ac.cr/repdoc/A0118e/A0118e.pdf](http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A0118e/A0118e.pdf)
- Castellanos, J.Z. y Peña Cabriales, J.J. (1990). Los nitratos provenientes de la agricultura: Una fuente de contaminación de los acuíferos. *Seminarios técnicos*. 8(1):113-16.
- Clesceri, Greenberg, Eaton. (s.f.). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 20th Edition*.



- CRA. (2014). *DIAGNÓSTICO INICIAL PARA EL ORDENAMIENTO DEL EMBALSE DEL GUÁJARO Y LA CIÉNAGA DE LURUACO* . Obtenido de [www.crautonomia.gov.co/documentos/recursohidrico/6\\_Diagn%C3%B3stico%20Ordenamiento%20\(Preliminar\).pdf](http://www.crautonomia.gov.co/documentos/recursohidrico/6_Diagn%C3%B3stico%20Ordenamiento%20(Preliminar).pdf)
- De la Mora, Villareal, Arredondo, Ponce, Barriga. (2003). *Evaluación de algunos parámetros de calidad del agua en un sistema cerrado de recirculación para la acuicultura, sometido a diferentes cargas de biomasa de peces*. Obtenido de [www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0188-88972003000400001&script=sci\\_abstract](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0188-88972003000400001&script=sci_abstract)
- Departamento de Medio Ambiente, A. y. (2010). *Informe de Calidad de Agua del Canal de Panamá*. Obtenido de <https://micanaldepanama.com/wp-content/uploads/2012/06/2010.pdf>.
- DIGESA. (s.f.). *ESTANDARES DE CALIDAD AMBIENTAL DE AGUA*. Obtenido de [www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/informes\\_tecnicos/GRUPO%20DE%20USO%203.pdf](http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/informes_tecnicos/GRUPO%20DE%20USO%203.pdf)
- E. Beamonte. (2012). *Análisis de la calidad general del agua superficial en la cuenca hidrográfica del Júcar: Periodo 2000-2009*. Obtenido de [www.ucm.es/data/cont/media/www/pag-41209/50\\_M\\_A\\_Geografia.pdf](http://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag-41209/50_M_A_Geografia.pdf).
- Escolar. (s.f.). *Ecosistemas acuáticos del Departamento del Atlántico*.
- G. Calvo - Brenes. (2012). *Nueva metodología para valorar la calidad de las aguas superficiales para su uso en Costa Rica*. Obtenido de PDF
- García, M. (2005). *Calidad del agua superficial en Colombia*. Obtenido de [datoscede.uniandes.edu.co/anexo/materialrelacionado/d16\\_Informe.pdf](http://datoscede.uniandes.edu.co/anexo/materialrelacionado/d16_Informe.pdf)
- Gil Gómez. (2014). *DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA MEDIANTE VARIABLES FÍSICO QUÍMICAS, Y LA COMUNIDAD DE MACROINVERTEBRADOS COMO BIOINDICADORES DE CALIDAD DEL AGUA EN LA CUENCA DEL RÍO GARAGOA* . Obtenido de [ridum.umanizales.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/6789/1803/tesisJAGG.pdf?sequence=1](http://ridum.umanizales.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/6789/1803/tesisJAGG.pdf?sequence=1)
- González, Carrillo, Peña. (26 de Feb de 2004). *CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL EMBALSE AGUA FRÍA (PARQUE NACIONAL MACARAO, ESTADO MIRANDA, VENEZUELA)* . Obtenido de [www.researchgate.net/publication/28097424\\_Caracteristicas\\_fisicas\\_y\\_quimicas\\_del\\_embalse\\_Agua\\_Fria\\_Parque\\_Nacional\\_Macarao\\_Estado\\_Miranda\\_Venezuela](http://www.researchgate.net/publication/28097424_Caracteristicas_fisicas_y_quimicas_del_embalse_Agua_Fria_Parque_Nacional_Macarao_Estado_Miranda_Venezuela)

- Hahn-vonHessberg, Toro, Grajales, Duque, Serna. (2009). *DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA MEDIANTE INDICADORES BIOLÓGICOS Y FÍSICOQUÍMICOS, EN LA ESTACION PISCICOLA, UNIVERSIDAD DE CALDAS, MUNICIPIO DE PALESTINA, COLOMBIA.*
- I. Ortiz. (2006). *Indicadores de Calidad de Aguas Superficiales en Micro cuencas Rurales.* Obtenido de <http://www.agr.una.py/revista/index.php/ria/article/view/111>.
- Invemar. ((s.f.)). *Indicadores de monitoreo biológico del subsistema de áreas marinas protegidos (SAMP): Índices de Calidad Ambiental del Agua (ICAM).* Obtenido de <http://www.invemar.org.co/documents/10182/14479/04+ProtocoloIndicadorCalidaddeAguadigital.pdf/c16bd915-0b24-446b-9fe0-dbbc239111dd>.
- J. Gutierrez Hernandez. (2015). *Evaluación de la calidad de las aguas superficiales de la cuenca del Rio Puyo de la Amazonia ecuatoriana a partir de un índice integrador.* Obtenido de <http://www.iga.cu>.
- L. Orjuela et. All. (2010). *Calidad del agua superficial en Colombia: Elementos conceptuales e indicadores para la evaluación de la calidad del agua superficial.* Obtenido de [https://datoscede.uniandes.edu.co/anexo/materialrelacionado/d16\\_Informe.pdf](https://datoscede.uniandes.edu.co/anexo/materialrelacionado/d16_Informe.pdf).
- M. Castro. Et. All. (2014). *Indicadores de la calidad del agua: Evolución y tendencias a nivel global.*
- M. Jiménez. (2006). *Análisis comparativo de indicadores de calidad de agua superficial.* Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=145020399004>.
- M. Vilda Garcia. (2012). *Calidad de agua superficial en Latinoamérica.* Obtenido de <http://fausac.usac.edu.gt>.
- Malaver, Rodriguez, Montero, Aguilar, Salas. (Enero - Junio de 2014). *CAMBIO ESPACIALES Y TEMPORALES EN LAS CARACTERISTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS DEL AGUA DE LA LAGUNA DE TACARIGUA, ESTADO MIRANDA, VENEZUELA.*
- Martínez, Alvarado, Senior. (Enero de 2001). *ESTUDIO FÍSICO-QUÍMICO DE LAS AGUAS SUPERFICIALES DE LA CUENCA BAJA Y PLUMA DEL RIO MANZANARES.* Obtenido de [www.redalyc.org/pdf/339/33905905.pdf](http://www.redalyc.org/pdf/339/33905905.pdf)
- MINISTERIO DE AGRICULTURA. (26 de Junio de 1984). Decreto 1594.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2014). *Guia Metodologica para la formulacion de Planes de Manejo ambiental para Acuíferos.*

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. (25 de Octubre de 2010). Decreto 3930.

N. Samboní et. All. (2011). *Aplicación de los indicadores de calidad y contaminación del agua en la determinación de la oferta hídrica neta*. Obtenido de <http://bibliotecadigital.univalle.edu.co>.

Ocasio. (24 de Nov de 2008). Evaluacion de la calidad del agua y posibles fuentes de contaminacion en un segmento del Rio de Piedras. San Juan, Puerto Rico.

Oyaga. (2013). *Realidades ambientales de los cuerpos d agua del Departamento del Atlantico, Colombia*. Obtenido de [www.unilibrebaq.edu.co/ojsinvestigacion/index.php/ingeniare/article/view/379](http://www.unilibrebaq.edu.co/ojsinvestigacion/index.php/ingeniare/article/view/379)

Oyaga, Mosquera, Maury, Castro, Gallardo, Toloza. (2003). *Bioindicadores macroinvertebrados para la evaluacion de contaminacion acuatica, presentes en el Embalse del Guajaro, Departamento del Atlantico*. Obtenido de <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/agua2003/embal.pdf>

P Torres et. All. (2009). *Índices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano*. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/rium/v8n15s1/v8n15s1a09.pdf>.

Pachon. (2014). *PLAN DE MANEJO AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE URBANIZACION PINO FORESTA "ESTUDIO DE CASO"*. Obtenido de <http://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/10654/13225/1/PLAN%20DE%20MANEJO%20AMBIENTAL%20PARA%20EL%20PROYECTO%20DE%20URBANIZACION%20PINO%20FORESTA%20%E2%80%9CESTUDIO%20DE%20CASO%E2%80%9D.pdf>

Padilla, Garcia, Pérez. (2010). *Physicochemical and bacteriology characterization, in two times of the year, Quiscab river sub basin at Guatemala*. Obtenido de [scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2071-00542010000300008](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542010000300008)

R. Azario. (2004). *La turbidez como indicador básico de la calidad de aguas potabilizadas a partir de fuentes superficiales. Propuesta a propósito del estudio del sistema de potabilización y distribución de la ciudad de Concepción del Uruguay*. Obtenido de <http://www.salud-publica.es>.

SOSTENIBLE, M. D. (17 de Marzo de 2015). Resolucion 0631.

Spiegel, Maystre. (s.f.). *Control de la contaminacion ambiental*. Obtenido de [www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo2/55.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo2/55.pdf)

STORACI, FERNANDEZ, SMITS. (2013 ). *EVALUACION DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RIO CÚPIRA (LA CUMACA, ESTADO CARABOBO, VENEZUELA) MEDIANTE BIOINDICADORES MICROBIOLOGICOS Y PARAMETROS FISICOQUIMICOS*. CARABOBO.

Valcarcel, Alberro, Frias. (2009). *El Índice de Calidad de Agua como herramienta para la gestión de los recursos hidricos*. Obtenido de [ama.redciencia.cu/articulos/16.01.pdf](http://ama.redciencia.cu/articulos/16.01.pdf)

Venkatramanan, Chung, Ramkumar, Gnanachandrasamy, Vasudevan. (Dic de 2013). A multivariate statistical approaches on physicochemical characteristics of ground water in and around Nagapattinam district, Cauvery deltaic region of Tamil Nadu, India. Tamil Nadu, India .

Y. Pavón Espinoza . (2010). *Evaluación de la calidad del agua superficial utilizando indicadores biológicos en la Subcuenta del Rio la Trinidad, Diriamba, Carazo en el año hidrológico 2010-2011*. . Obtenido de <http://repositorio.una.edu.ni>.

Zarco, Lima, Lopez, Mazari. (s.f.). *Calidad microbiologica del agua*. Obtenido de [www.emapas.inecc.gob.mx/download/lch\\_calidad\\_microbiologica.pdf](http://www.emapas.inecc.gob.mx/download/lch_calidad_microbiologica.pdf)

## Anexos

### *Anexo 1. Actividades antropogénicas por estación de muestreo.*

<b>Distrito De Riego</b>			
<b>Estación</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>	<b>Actividades</b>
1	10.52100 N	- 75.097 W	Piscicultura, Agricultura, Ganadería
2	10.52804 N	- 75.10856 W	Ganadería, Agricultura
3	10.509 N	- 75.124 W	Ganadería, Agricultura
4	10.47946 N	- 75.13419 W	Ganadería, Agricultura
5	10.496 N	- 75.142276 W	Ganadería, Agricultura
6	10.463834 N	- 75.15255 W	Ganadería, Agricultura
7	10.452 N	- 75.140 W	Ganadería, Agricultura, Porcicultura
8	10.44868 N	- 75.16690 W	Ganadería, Agricultura
<b>Embalse del Guajaro</b>			
<b>Estación</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>	<b>Actividades</b>
1	10.60494 N	- 75.07645W	Ganadería, Piscicultura
2	10.59188 N	- 75.05575W	Ganadería, Piscicultura
3	10.56717 N	- 75.03533 W	Piscicultura, Vertimiento de Aguas
4	10.54002 N	- 75.02689 W	Agricultura, Ganadería, Piscicultura, Porcicultura
5	10.51050 N	- 75.02852 W	Agricultura, Ganadería, Piscicultura, Porcicultura
6	10.51409 N	- 75.04597 W	Agricultura, Zoocria, Avicultura, Agua Potable Riego, Ganadería, Agricultura, Zoocria, Agua potable
7	10.49685 N	- 75.09613 W	
8	10.46170 N	- 75.11143 W	Consumo Humano
9	10.43425 N	- 75.11069 W	Agricultura

*Anexo 2. Normatividad Legal Vigente Colombiana*

<b>Parámetros</b>	<b>Normatividad Legal Vigente</b>
Temperatura	Decreto 1594 de 1984
pH	Resolución 631 del 2015
Oxígeno Disuelto	No hay una norma que establezca Limite
	Permisible
Salinidad	No hay una norma que establezca Limite
	Permisible
Conductividad	No hay una norma que establezca Limite
	Permisible
Turbiedad	No hay una norma que establezca Limite
	Permisible
Alcalinidad	No hay una norma que establezca Limite
	Permisible
SST	Resolución 631 del 2015
DQO	Resolución 631 del 2015
DBO	Resolución 631 del 2015
Fosfato	No hay una norma que establezca Limite
	Permisible
Nitritos	Decreto 1594 de 1984
Nitratos	Decreto 1594 de 1984
Sulfato	No hay una norma que establezca Limite
	Permisible
Coliformes	Decreto 1594 de 1984

*Anexo 3. Normatividad internacional por parámetros*

<b>País</b>	<b>Normatividad</b>	<b>Parámetro</b>
<b>Perú</b>	Estándar de calidad ambiental de agua	Potencial de hidrogeno, Oxígeno Disuelto, Conductividad, SST, DBO, Nitrato, Sulfato, Coliformes Totales y Fecales
<b>Chile</b>	Norma de calidad para la protección de las aguas continentales superficiales	Potencial de Hidrogeno, Oxígeno Disuelto, Conductividad, SST, DBO, Sulfato, Coliformes Totales
<b>México</b>	FAO (Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura) Vertimientos a embalses	SST, Nitrato SST DBO, Nitrato, Sulfato, Coliformes Totales
<b>Canadá</b>	Ley general de las aguas Guía canadiense de la calidad del agua	Coliformes Fecales

**Anexo 4. Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, Canales de Riego.**

Parámetro	Símbolo	Unidad	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
<b>Temperatura</b>	T°	°C	34.56	39.50	33.90	33.90	41.10	35.70	36.50	35.30
<b>Potencia de Hidrogeno</b>	pH	-	6.71	8.33	7.36	7.55	8.69	6.41	8.62	6.58
<b>Oxígeno disuelto</b>	OD	Ppm	2.32	12	6.13	6.93	10.27	8.19	12.34	3.5
<b>Salinidad</b>		Ppm	0.2	0.1	0.3	0.3	0.2	0.2	0.3	0.4
<b>Conductividad</b>	CE	ms/cm	480.5	281	241	550	576	471.5	549	718.0
<b>Turbiedad</b>	--	UTN	10.7	13.6	31.05	8.76	208	18.65	4.83	30.4
<b>Alcalinidad</b>		mg/L	96	88	72	108	128	140	108	120
<b>Demanda Bioquímica de Oxígeno</b>	DBO	mg/L	17.5	18.1	14.2	13.1	19.2	19.7	10.4	21.4
<b>Demanda Química de Oxígeno</b>	DQO	mg/L	171.7	168.6	196.2	174.7	217.8	174.7	171.7	190.1
<b>Nitratos</b>	N- NO3	mg/L	0.3	0.39	0.92	0.67	1.32	0.91	0.97	0.22
<b>Nitritos</b>	N - NO2	mg/L	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Sulfatos</b>	SO4	mg/L	97	136	86	104	73	74	89	91
<b>Fosfatos</b>	PO4	mg/L	0.22	0.18	0.28	0.38	3.1	0.57	0.12	1.76
<b>Solidos Suspendidos Totales</b>	SST	mg/L	7	22	251	11	58	48	12	39
<b>Coliformes Total</b>	--	NMP/100ml	1100	610	160000	1632	2300	24000	17000	2700
<b>Coliformes Fecal</b>	--	NMP/100ml	1100	610	28000	1632	2300	13000	17000	2700



**Anexo 5. Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, Embalse del Guajaro.**

Parámetro	Símbolo	Unidad	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9
<b>Temperatura</b>	T°	°C	32.30	31.20	32.10	33.10	34.40	34.70	34.30	34.40	34.20
<b>Potencia de Hidrogeno</b>	pH	-	8.55	8.6	8.77	8.8	8.86	8.640	7.94	7.59	6.32
<b>Oxígeno disuelto</b>	OD	ppm	7.1	6.14	6.87	7.15	8.61	6.65	6.14	7.38	5.81
<b>Salinidad</b>		ppm	0.8	0.8	0.9	1	1	1.1	0.1	0.1	0.1
<b>Conductividad</b>	CE	ms/cm	1426	1639	1743	1917	1983	2150	352.8	204.8	173.2
<b>Alcalinidad</b>		mg/L	300	480	280	324	320	298	92	80	96
<b>Turbiedad</b>	--	UTN	49.25	15.25	18.35	22.05	47.65	37.6	18.65	38.5	89.35
<b>Demanda Bioquímica de Oxígeno</b>	DBO	mg/L	15.9	12	11.5	15.9	26.8	20.3	16.4	14.8	14.7
<b>Demanda Química de Oxígeno</b>	DQO	mg/L	202.4	196.2	202.4	217.8	233.1	239.3	168.6	159.4	171.7
<b>Nitratos</b>	N- NO3	mg/L	1.85	1.51	0.88	1.43	0.78	0.22	0.25	0.1	0
<b>Nitritos</b>	N - NO2	mg/L	0	0.01	0.04	0	0.06	0.11	0.02	0.01	0.17
<b>Sulfatos</b>	SO4	mg/L	144	132	128	144	145	155	57	17	11
<b>Fosfatos</b>	PO4	mg/L	0.03	0.12	0.11	0.17	0.07	0.16	0.16	0.02	0.11
<b>Solidos Suspendidos Totales</b>	SST	mg/L	31	12	4	16	28	28	6	11	35
<b>Coliformes Total</b>	--	NMP/100ml	1100	450	92000	160000	780	1100	2340	13000	545
<b>Coliformes Fecal</b>	--	NMP/100ml	1100	450	92000	160000	780	1100	2340	13000	545